



PHYSQuiz - Aplicação Computacional para Formação Contínua em Física Radiológica

JOANA FILIPA APOLINÁRIO DE ARAÚJO

Setembro de 2012

PHYSQuiz - Aplicação Computacional para Formação Contínua em Física Radiológica

Joana Filipa Apolinário de Araújo

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação e Instrumentação
Médica

Orientador:
DOUTOR CARLOS VINHAIS
Departamento de Física do ISEP

Porto, 27 de Setembro de 2012

Para ser grande, sê inteiro:
Nada teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa.
Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda brilha,
Porque alta vive.
Ricardo Reis

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Doutor Carlos Vinhais pelo apoio prestado, por toda a ajuda e pela confiança depositada.

Um muito obrigado aos responsáveis pelos direitos de autor do RAPHEX® que, após contactados, autorizaram a utilização das questões para elaboração deste projecto.

Um agradecimento especial a todos os meus colegas que se disponibilizaram para responder aos quizes que permitiram com que eu tivesse resultados na minha aplicação.

Um agradecimento muito especial aos meus pais que por uma vida de dedicação, amor e trabalho sempre possibilitaram aos filhos a oportunidade de realizar sonhos e conquistas. Para vocês o meu amor eterno e a minha gratidão. Ao meu avô, aos meus irmãos e às minhas cunhadas agradeço o vosso apoio e o voto de confiança. Para ti, Érica Araújo, espero que um dia esta tese seja um incentivo para lutar, vencer e crescer.

Obrigado Carlos Martins pela tua amizade, por não permitires que nenhuma dúvida ficasse em aberto e por todo o tempo que dispensaste para mim. Aos meus amigos Eng^o Ricardo Sousa, Eng^o Nuno Fernandes, Eng^a Ana Rita Bastos e Eng^a Cátia Silva o meu muito obrigado pelo companheirismo e pela vossa amizade que tão importante foi neste percurso. Ao Eng^o José Morais o meu agradecimento pelos conselhos que muito ajudaram a minimizar as situações críticas e as explicações que foram fundamentais para o desenvolvimento da minha tese. O meu agradecimento, a ti Eng^o Rui Silva, por todo o apoio e pela forma como me fizeste acreditar que seria possível chegar ao fim.

A todos os mencionados e aos não mencionados, o meu muito obrigado por contribuirem de alguma forma para o meu sucesso.

Resumo

Com o desenvolvimento das descobertas na Física Médica, é necessário que os profissionais estejam cada vez mais actualizados e sejam postos à prova os seus conhecimentos. Assim, no âmbito desta tese de Mestrado, foi desenvolvida uma aplicação computacional, PHYSQuiz, com o intuito de colmatar falhas existentes nos sistemas de formação contínua em Física Radiológica.

Esta tese descreve a aplicação PHYSQuiz, a qual permite criar quizzes constituídos por conjuntos aleatórios de questões, com respostas de escolha múltipla. Para isso, foram utilizadas questões com base no sistema de avaliação dos alunos nas escolas de Radiologia dos Estados Unidos da América - o RAPHEX®.

Os utilizadores escolhidos para testar o PHYSQuiz foram os alunos das disciplinas de Imagem Médica e Processamento de Imagem do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Para que os resultados fossem mais concretos, os utilizadores foram diferenciados em grupos com base na sua experiência na Física Radiológica. Suportada por uma base de dados versátil, é ainda possível substituir as questões por mamogramas ou radiogramas, no entanto, não foi testado devido à dificuldade de disponibilizar radiologistas para realizar o teste.

Os resultados obtidos permitiram tirar conclusões quanto aos utilizadores, aos quizzes, às questões e aos tópicos o que torna o PHYSQuiz uma boa ferramenta de trabalho tanto para administradores de hospitais como para professores e regentes de disciplinas.

Abstract

With the development of discoveries in Medical Physics, it is necessary that professionals are increasingly being updated and put to the test their knowledge. Thus, under this Master thesis, we developed a computational application, PHYSQuiz, in order to fill existing gaps in training programmes in Radiological Physics.

This thesis describes the PHYSQuiz application, which allow to create quizzes consisting of random sets of questions with multiple choice answers. For this purpose, we used questions based on the evaluation system for students in schools of Radiology of the United States of America - the RAPHEX®.

Users selected for the test PHYSQuiz were students from the disciplines of Medical Imaging and Image Processing of Institute Superior de Engenharia do Porto. For the results to be more specific, users were differentiated into groups based on their experience in Radiological Physics. Supported by a database versatile, it is also possible to replace the questions by radiograms or mammograms, however, was not tested due to the difficulty of providing radiologists to perform the test.

The obtained results provide us with conclusions regarding user performance, based on their answers, but also quizzes, questions and topic difficulty, based on all user answers. The PHYSQuiz application represents a useful tool for both professionals and teachers for continuing medical education purposes.

Conteúdo

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	x
Conteúdo	xiii
Lista de Figuras	xvi
Lista de Tabelas	xvii
Abreviações	xx
1. Introdução	1
1.1 Formação Contínua na Saúde	1
1.2 Objectivo e Motivação	2
1.3 Contribuições	3
1.4 Organização da Tese	3
2. Diagnóstico por Rastreio	5
2.1 Programa de Rastreio do Cancro da Mama	6
2.1.1 Cancro da Mama	6
2.1.2 Prevenção e Diagnóstico Precoce	8
2.1.3 Dados Estatísticos sobre Cancro da Mama	12
2.2 Programa de Rastreio da Tuberculose	13
2.2.1 Estratégias de Prevenção de Tuberculose	14
2.2.2 Diagnóstico da Tuberculose	16
2.2.3 Dados Estatísticos de Tuberculose	19
2.3 Importância da Formação Médica para os Rastreios	21

3. Formação Contínua em Radiologia de Diagnóstico	23
3.1 Avaliação em Formação Contínua	23
3.2 Tipos de Avaliação na Formação Médica	24
3.2.1 Avaliação Prática	24
3.2.2 Avaliação Teórica	33
4. Física da Radiologia	37
4.1 Física Radiológica Geral	37
4.1.1 Radiação Ionizante	37
4.1.2 Produção de Raio-X	38
4.1.3 Interação da Radiação com a Matéria	41
4.2 Radiologia de Diagnóstico	44
4.2.1 Radiologia Computorizada	44
4.2.2 Mamografia Digital	45
4.2.3 Tomografia Computadorizada	48
4.2.4 Ressonância Magnética	50
4.2.5 Ultrassonografia	52
4.3 Radiologia em Terapia	53
4.4 RAPHEX® - Questões tipo	54
5. Aplicação PHYSQuiz	59
5.1 Conceptualização	59
5.2 Especificação	60
5.2.1 Diagrama de Casos de Uso	61
5.2.2 Modelo Entidade-Relação	62
5.2.3 Código de Cores	66
5.2.4 Utilizadores do PHYSQuiz	66
5.3 Implementação da Base de Dados	68
5.4 Funcionalidades da Aplicação	69
5.4.1 Funções de <i>Administrador</i>	69
5.4.2 Funções do <i>User</i>	79
6. Resultados e Discussão	87
6.1 Selecção de Casos	87
6.1.1 Questões RAPHEX®	87
6.1.2 Mamogramas	88
6.1.3 Radiogramas	89
6.2 Selecção de Tópicos	89
6.3 Construção de Quizes	90
6.4 Selecção de Utilizadores	90
6.5 Teste <i>Online</i> do PHYSQuiz	91
6.6 Análise Estatística	93
6.6.1 Análise por Quiz	93
6.6.2 Análise por Utilizadores	95
6.6.3 Comportamento Individual	96

6.6.4	Análise por Questões	99
6.6.5	Análise por Tópicos	100
6.7	Impressões de Relatórios	102
6.8	Considerações Gerais	102
7.	Conclusão	105
	Bibliografia	109
A.	Respostas às Questões do RAPHEX® colocadas na Secção 4.4	115

Lista de Figuras

2.1	Exame de auto-palpação da mama.	9
2.2	Posição do paciente para realização de mamografia	10
2.3	Esquematização das incidências mamográficas.	10
2.4	Indicências Mamográficas	11
2.5	Taxas de Mortalidade Feminina em Portugal	13
2.6	Técnicas de Diagnóstico de Tuberculose	17
2.7	Exame Directo em Tuberculose	18
2.8	Radiografia Torácica	20
3.1	QualIM® - Software de Avaliação de Mamogramas.	26
3.2	UNIFESP - Simulação e Avaliação de Mamogramas	27
3.3	SCM - Paineis de visualização.	29
3.4	SCM - Listagem e impressão de dados.	30
3.5	PERFORMS®	32
3.6	Learnig Radiology	34
3.7	WEB-RAD-Train	34
4.1	Tubo de Raio-X.	39
4.2	Processo de Bremsstrahlung	40
4.3	Produção de raio-X	41
4.4	Efeito de Comptom	41
4.5	Efeito Fotoeléctrico.	42
4.6	Espalhamento de Rayleigh	43
4.7	Produção de Pares	44
4.8	BI-RADS® - Achados radiográficos classificados	49
4.9	Campo magnético a actuar sobre protões	51
5.1	Diagrama de Casos de Uso	62
5.2	Base de Dados - PHYSQuiz	63
5.3	Alimentação da base de dados	71
5.4	Administrador - Lista de Users	72
5.5	Administrador - Informação Sobre User	73
5.6	Administrador - Informação Sobre Sessões Disponíveis	73

5.7	Administrador - Informação Sobre Sessões Abertas	74
5.8	Administrador - Informação Sobre Sessões Fechadas	75
5.9	Administrador - Informação Sobre Performance do Utilizador	77
5.10	Administrador - Listagem de Quizes	77
5.11	Administrador - Informação Sobre um Quiz	78
5.12	Administrador - Lista de Utilizadores de um Quiz	80
5.13	Administrador - Encerramento das Sessões.	80
5.14	Administrador - Utilizadores com a Sessão Terminada.	81
5.15	Administrador - Lista de Questões de um Quiz	82
5.16	Administrador - Listagem de Todas as Questões	83
5.17	Utilizador - Sessões atribuídas.	84
5.18	Utilizador - Sessão aberta pelo utilizador.	84
5.19	Utilizador - Confirmação para submissão de quiz.	85
6.1	Série de mamogramas	88
6.2	Incidência lateral radiográfica para diagnóstico de Tuberculose	89
6.3	Aplicação disponível para os utilizadores	91
6.4	Dois dias após disponibilização da aplicação para os utilizadores	92
6.5	Quatro dias após disponibilização da aplicação para os utilizadores	92
6.6	Uma semana após disponibilização da aplicação para os utilizadores	93
6.7	Média total dos quizes.	94
6.8	Média do grupo de utilizadores sem experiência.	95
6.9	Média do grupo de utilizadores com um ano de experiência.	95
6.10	Média do grupo de utilizadores com dois anos de experiência.	95
6.11	Distribuição total de todos as médias dos utilizadores.	96
6.12	Distribuição total das médias dos utilizadores por cada quiz	97
6.13	Performance constante de um utilizador.	98
6.14	Melhoria de performance de um utilizador.	98
6.15	Decréscimo da performance de um utilizador.	98
6.16	Variação de respostas nas questões para o quiz 1.	99
6.17	Variação de respostas nas questões para o quiz 2.	99
6.18	Variação de respostas nas questões para o quiz 3.	100
6.19	Diferenciação de questões por tópicos	101
6.20	Nível de dificuldade das questões	101
6.21	Nível de dificuldade dos quizes	102
6.22	Relatórios em formato pdf	103

Lista de Tabelas

2.1	Classificação BI-RADS®	12
2.2	Código de Leitura de Microscopia.	17
4.1	Mamografia Convencional vs. Mamografia Digital.	46
4.2	Padrão Glandular	48
4.3	Valores de Hounsfield	51
5.1	Código de Cores do PHYSQuiz	66

Abreviações

ACR	American College of Radiology
BD	Base de Dados;
BIRADS	Breast Imaging-Reporting and Data System
CC	Crânio-Caudal
CR	Radiografia Computorizada
CT	Tomografia Computorizada
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
LPCC	Liga Portuguesa Contra o Cancro
MCDT	Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica
MLO	Médio Lateral-Obliqua
MQSA	Mammography Quality Standards Act
MR	Ressonância Magnética
MTB	<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>
MTMI	Medical Technology Management Institute
OMS	Organização Mundial de Saúde
PERFORMS	PERsonal perFORmance in Mammographic Screening
PG	Padrão Glandular
PHP	Hypertext PreProcessor
PNT	Programa Nacional de Luta Contra a Tuberculose
TB	Tuberculose
RAMPAS	Radiological and Medical Physics Society
RAPHEX	Radiological Physics Examination
SQL	Structured Query Language
HU	Unidades de Hounsfield
US	Ultrassonografia
VIH	Vírus Imunodeficiência Humana
WHO	World Health Organization

Introdução

Esta tese pretende demonstrar as necessidades sentidas na formação e avaliação dos profissionais ligados à saúde. Dentro desta gama de profissionais incluem-se os estudantes de Medicina com especialidade em Radiologia, os estudantes das Engenharias direccionadas à saúde e os estudantes dos cursos técnicos de Radiologia. Neste capítulo será feita uma abordagem geral aos conteúdos abordados ao longo da tese bem como serão apresentadas as motivações e contribuições deste trabalho.

1.1 Formação Contínua na Saúde

A *formação contínua* é um método aplicado a todos os cursos/profissões que necessitam obrigatoriamente de actualizar e consequentemente de avaliar conhecimentos. No caso da saúde, a formação contínua tem um peso importante não só para os estudantes de medicina como também para os estudantes de enfermagem, técnicos superiores de Radiologia e estudantes das engenharias direccionadas à saúde.

Os estudantes mencionados necessitam de uma avaliação de conhecimentos principalmente aqueles que se dedicam à área da Radiologia uma vez que a análise das imagens dos meios complementares de diagnóstico e terapêutica (MCDT) podem comprometer a vida dos pacientes. Como forma de avaliar a performance dos seus residentes de Radiologia, os especialistas da Radiological and Medical Physics Society of New York (RAMPS) criaram, em 1984, um exame que denominaram como RAPHEX® (Radiological Physics Exams)[1]. O sucesso foi tal que passou a ser parte integrante da especialização em Radiologia nos cursos de Medicina dos Estados Unidos da América. Hoje em dia, estes testes são compilações dos anos anteriores e todos os anos é sujeito a uma comissão que aprova e permite que seja distribuído

pelos estudantes para avaliação.

Contudo existem outros software específicos para avaliar não só os conhecimentos teóricos dos estudantes mas também os conhecimentos práticos. Estes software pretendem avaliar a capacidade de análise de imagens radiológicas. Desta forma, para além de avaliados, os profissionais treinam as suas capacidades de avaliação de patologias. A necessidade deste treino provém da falta de profissionais aptos para os programas de rastreio radiológicos e para a elevada capacidade de avaliação e diagnóstico a que estes obrigam. No caso do cancro da mama, a sua alta vulnerabilidade e as características do exame de rastreio, a mamografia, permitem que todo o investimento no seu rastreio seja altamente produtivo, com resultados evidentes na diminuição das taxas de mortalidade e na alteração favorável dos padrões de morbilidade [2].

Com base nesta situação actual, em que não existe um programa de avaliação da *performance* dos profissionais que operam a área da saúde, foi desenvolvida e implementada uma aplicação que facilita as respostas nas *questões* utilizadas no RAPHEX® bem como nos resultados obtidos. Assim, as questões foram separadas por *tópicos*, correspondendo cada um destes à modalidade a que pertence. Esta avaliação por parte de uma ferramenta web permite não só conhecer a *performance* dos utilizadores como também compreender qual a questão ou qual o tópico mais e menos respondido atribuindo assim *níveis de dificuldade*. A aplicação desenvolvida está sustentada numa base de dados robusta que permite facilmente que as questões sejam de qualquer outro tema ou mesmo substituir as questões por *imagens* por exemplo de Radiologia e avaliar a performance dos radiologistas no diagnóstico de patologias detectáveis em radiogramas ou mamogramas.

1.2 Objectivo e Motivação

O objectivo da aplicação desenvolvida ao abrigo desta tese é avaliar não só a performance dos executantes dos testes mas também classificar as questões por níveis de dificuldade. Com esta classificação é possível construir *quizes* mais complicados à medida que a dificuldade das questões aumenta.

É possível trocar as questões por casos de patologias mamárias ou pulmonares sendo assim possível considerar o treino dos profissionais de imagiologia para a realização de rastreios cada vez mais precisos e eficazes.

1.3 Contribuições

Para o desenvolvimento desta tese foi criado:

- Uma base de dados capaz de se adaptar a qualquer situação de treino médico, ou seja, capaz de se adaptar não só a perguntas de Física Radiológica como a mamogramas. Para além da possibilidade de troca de questões por imagens, as questões podem pertencer a qualquer outra matéria e as imagens podem pertencer a qualquer outro tipo de modalidades.
- Uma aplicação capaz de ser usada em qualquer ponto do mundo e capaz de testar os alunos ou radiologistas dispostos a ser avaliados.

A utilização desta aplicação trará diversas vantagens, entre elas:

- Facilitar a avaliação das pessoas submetidas aos testes uma vez que é possível obter os resultados individuais e de grupo.
- Facilitar a análise por tópicos e por questão permitindo compreender qual a questão mais respondida e a menos respondida, tirando conclusão relativas aos níveis de dificuldade das mesmas.

A aplicação desenvolvida no âmbito desta tese é versátil a ponto de conseguir ser utilizada por qualquer outra matéria ou qualquer outro curso. Esta transversalidade torna a aplicação uma potencial ferramenta de uso nas faculdades que permitam a utilização de respostas com escolhas múltiplas ou mesmo dos cursos de Medicina com especialidade em Radiologia que necessitem de avaliações periódicas.

1.4 Organização da Tese

A tese está organizada de forma a que se compreenda quais os motivos que deram origem à criação da aplicação. Assim, organiza-se da seguinte forma:

- **Capítulo 2 - Diagnóstico por Rastreio:** Neste capítulo são abordados dois grandes casos de diagnóstico por rastreio de patologias com recurso a imagiologia: Rastreio do Cancro da Mama e Rastreio de Tuberculose. Ambos os casos recorrem à Radiologia para detecção de lesões e manchas que conduzam à confirmação ou não de patologia. É possível também compreender como e em que circunstâncias estes rastreios são realizados.

- **Capítulo 3 - Formação Contínua em Diagnóstico:** Este capítulo mostra algumas das aplicações já existentes no domínio da formação médica. Muitos países já têm como ferramenta de ensino aplicações que permitem avaliar a performance dos seus profissionais. Este capítulo dará a conhecer alguns programas de formação tanto a nível prático no que toca a avaliação de imagens como a nível teórico no que toca à avaliação de conhecimentos de Física Radiológica.
- **Capítulo 4 - Física da Radiologia:** Este capítulo descreve as categorias do RAPHEX®: Geral, Diagnóstico e Terapêutica. Dentro de cada uma das categorias são explicados conceitos físicos da imagiologia tais como a produção de raio-X, a interação com a matéria e a formação da imagem nas diferentes modalidades. No final deste capítulo são apresentadas questões relativas a cada tema abordado extraídas dos exames do RAPHEX® que serão também usadas na aplicação - *PHYSQuiz*.
- **Capítulo 5 - Aplicação PHYSQuiz:** Este capítulo descreve a aplicação PHYSQuiz desde a base de dados com que opera até às funcionalidades de cada tipo de utilizador. São apresentados todas as funções possíveis para os três tipos de utilizadores (administrador, expert e user) bem como a forma como cada um interage com a aplicação. Em suma, este capítulo serve para compreender as capacidades da aplicação bem como a sua versatilidade uma vez que mesmo alterando as questões para imagens, as funções mantêm-se.
- **Capítulo 6 - Resultados e Discussão:** O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos aquando do teste efectuado com o PHYSQuiz. Neste capítulo são discutidos os resultados e apresentadas as razões prováveis e possíveis para os mesmos. Os gráficos obtidos após o teste da aplicação PHYSQuiz, são um privilégio do administrador e permitem ao mesmo verificar quais os tópicos com melhores resultados e qual a questão com maior número de respostas certas e vice-versa.
- **Capítulo 7 - Conclusão:** O capítulo final apresenta as conclusões relativas a todo o trabalho envolvido na criação do PHYSQuiz e todas as suas potencialidades. Neste capítulo são também apresentadas as sugestões de trabalho futuro.

Diagnóstico por Rastreio

Um programa de rastreio é a procura do diagnóstico da doença em pessoas sem queixas ou sintomas e que pensam estar saudáveis. Actualmente, os rastreios que recorrem à imagiologia de raio-X são maioritariamente o rastreio do cancro da mama e o rastreio de tuberculose ou cancro do pulmão. Muitos outros rastreios recorrem a imagem mas na forma de fotografias por exemplo.

Em Portugal, em 1923, e por iniciativa do Prof. Doutor Francisco Gentil, é criado o Instituto Português para o estudo do cancro. Apenas passados 24 anos, por proposta do Prof. Doutor Francisco Gentil é fundada legalmente a Liga Portuguesa Contra o Cancro (LPCC), assente em dois princípios fundamentais: a Humanização e a Solidariedade.

Se no seu início a LPCC procurou suprir as carências do Estado em matéria de financiamento do tratamento do cancro, angariando fundos para custear tudo a que a doença dizia respeito - desde equipamento hospitalar, à roupa de cama do hospital, hoje assiste-se a uma situação diferente. Com o passar dos anos a LPCC passou a mobilizar os seus recursos financeiros para iniciativas mais orientadas para a prevenção do cancro e apoio à investigação da doença, nunca descuidando o apoio ao doente. Assim, nos diversos núcleos da LPCC assistiu-se ao desenvolvimento de um plano de ensino e sensibilização da população sobre os sinais de alerta e prevenção do cancro continuamente mais estruturado e descentralizado a nível comunitário.

A crescente focalização dos recursos na atenção ao doente e à sua família, por um lado, e na detecção precoce da doença, por outro, culminou numa das mais importantes iniciativas da LPCC: o Programa Nacional de Rastreio de Cancro da Mama, um contributo que tem permitido salvar vidas, preservar famílias e fortalecer a sociedade.

2.1 Programa de Rastreo do Cancro da Mama

Em Portugal, actualmente existe uma população feminina de 5 milhões e surgem 4.500 novos casos de cancro da mama por ano, ou seja 11 novos casos por dia, morrendo por dia 4 mulheres. Esta patologia oncológica faz mais vítimas no sexo feminino uma vez que apenas 1 em cada 100 cancros se desenvolvem no homem [2]. São conhecidos alguns factores de risco para o cancro da mama, muito associados aos estilos de vida e a características reprodutivas inerentes à vida moderna e ocidentalizada. Há entre 5 a 10% dos cancros da mama diagnosticados que aparentam características genéticas e hereditárias que, caso sejam confirmadas, obrigam a um acompanhamento mais precoce e cuidadoso das familiares.

2.1.1 Cancro da Mama

Nas últimas décadas tem ocorrido em todo o mundo, um significativo aumento da incidência do cancro da mama e consequentemente da mortalidade associada. Segundo estudos realizados pelos diferentes centros de estudo de neoplasias, o cancro da mama é o resultado da interacção de factores genéticos com estilo de vida, hábitos reprodutivos e meio ambiente.

Acredita-se que 90% - 95% dos cancros da mama sejam esporádicos (não-familiares) e decorram de mutações somáticas que se verificam durante a vida, e que 5%-10% sejam hereditários (familiares) devido à herança de uma mutação germinativa ao nascimento, que confere às mulheres susceptibilidade ao cancro da mama [3, 4].

O cancro começa nas células, a unidade básica da vida nos seres. As células normais crescem e dividem-se para originar células novas porque o corpo necessita de renovação celular. Quando as células normais crescem, envelhecem ou ficam danificadas. Como consequência do envelhecimento, morrem e as células novas fazem o seu lugar assumindo as funções a que estavam destinadas. No entanto, este processo pode ser alterado por várias circunstâncias. Assim as células novas crescem quando o corpo não necessita e as células velhas ou danificadas não morrem, como devem. O acúmulo de células mortas dá origem a uma massa do tecido chamada uma protuberância ou um tumor [4]. O crescimento de tumores sólidos ocorre em duas fases distintas: o crescimento inicial a ser referido como a fase relativamente inofensivo avascular e do crescimento mais tarde, como a fase vascular.

A capacidade de invadir os tecidos é a principal característica do cancro, uma habilidade produzida por replicação de células por tempo indeterminado. A invasão de tecido pelas células cancerosas é o componente-chave na metástase, na qual as

células cancerígenas se espalham para órgãos distantes do hospedeiro e iniciam o crescimento de tumores secundários [5]. Sabe-se hoje que a maior parte das neoplasias da mama tem um crescimento lento, embora existam casos de crescimento mais rápido. Uma célula cancerosa da mama tem como tempo de duplicação cem a trezentos dias. Uma neoplasia com 1 cm sofre cerca de 30 duplicações até atingir esta dimensão, o que corresponde a cerca de sete anos de evolução.

Factores de Risco

Segundo vários estudos, os seguintes factores são considerados de risco para o cancro da mama [6]:

- Idade: a possibilidade de contrair o cancro da mama aumenta à medida que a idade avança. Maioria das mulheres em quem é diagnosticada a patologia encontra-se acima dos 60 anos de idade.
- Histórico de Saúde Pessoal: No caso de uma mulher ter cancro da mama numa das mamas, a possibilidade de vir a contrair novamente aumenta.
- Histórico de Saúde Familiar: O risco de cancro da mama aumenta no caso de existirem precedentes familiares (mãe, pai, irmãos ou filhos terem contraído cancro da mama). O risco é maior se o familiar afectado tiver uma idade inferior a 50 anos. O facto de algum familiar (mãe ou avô) ter um cancro de ovário, pode aumentar o risco de cancro da mama.
- Alteração de genoma: alterações em determinados genes, tais como BRCA1 ou BRCA2, aumentam substancialmente o risco de cancro da mama. Foi encontrada a presença destes genes raros em famílias de mulheres que têm cancro da mama.
- Radioterapia no peito: Mulheres que tenham feito radioterapia no peito, incluindo a mama, antes dos 30 anos de idade estão perante um alto risco de cancro da mama.
- Historial reprodutivo e menstrual: quanto mais tarde nascer o primeiro filho, maior será o risco de cancro da mama bem como no caso de nunca ter tido filhos. Uma mulher que seja menstruada numa idade superior aos 12 tem um maior risco de cancro da mama bem como uma mulher que entre em menopausa após os 55. No caso de uma menopausa precoce que obrigue a um tratamento hormonal, a mulher vê o risco de cancro da mama aumentado.

- Raça: nos países orientais existe uma maior incidência de cancro da mama do que nos países ocidentais.
- Consumo de álcool: o consumo excessivo de álcool pode aumentar o risco do cancro da mama.

2.1.2 Prevenção e Diagnóstico Precoce

A grande dificuldade em diminuir a prevalência dos factores de risco para o cancro da mama justificam uma prevenção secundária, isto é, que sejam concretizados procedimentos e atitudes de um diagnóstico o mais precoce possível das lesões malignas. Estes incluem o controlo rigoroso e periódico por mamografia e, quando adequado, ecografia, recorrendo ao aconselhamento pelo médico assistente, sobretudo a partir dos 40-45 anos. Nas actividades relativas à prevenção do cancro da mama, destaca-se, desde 1986, o rastreio de cancro da mama iniciado na região centro do país, que tem permitido o diagnóstico de centenas de cancros em fase inicial e, conseqüentemente, curáveis ou controláveis. Na verdade, com o rastreio do cancro da mama pretende-se um diagnóstico precoce, descobrindo tumores muito pequenos, muitas vezes não palpáveis e só vistos em mamografia ou ecografia [7].

O Programa de Rastreio de Cancro da Mama utiliza actualmente unidades móveis que se deslocam de 2 em 2 anos aos concelhos do país e também unidades fixas. Os Centros de Coordenação Regional remetem convites pessoais às mulheres em idade rastreável inscritas nos centros de saúde para realizar uma mamografia e distribuem folhetos de sensibilização.

No caso do rastreio do cancro da mama em Portugal, a LPCC é avisada pelo médico de família que existem mulheres entre os 45 e os 69 anos de idade e convidadas a fazer uma mamografia. O rastreio ao cancro da mama deve ser feito a partir dos 45 anos mesmo que a mulher se sinta bem [2]. A importância da mamografia é a possibilidade de detecção de microcalcificações indetectáveis na palpação. Cerca de uma em cada 14 mulheres rastreadas é chamada para uma nova mamografia ou mesmo para exames complementares. Isto significa que o resultado do primeiro exame foi inconclusivo ou que foi detectada alguma alteração nas estruturas da mama.

A LPCC juntamente com o Instituto Português de Oncologia e os Centros de Saúde promovem várias acções de formação sobre como realizar auto-exames à mama. O auto-exame da mama consiste numa simples observação e palpação dos seios feita pela própria mulher. Este exame, ilustrado na Fig. 2.1 deve ser realizado

mensalmente e de preferência após o período menstrual. O objectivo deste exame é verificar se:

- Os seios estão sempre da mesma forma;
- Existem zonas alteradas, retraídas ou deformadas (tamanho, cor ou contraste);
- Existe retracção do mamilo (descamação, secreção ou ulcerações);
- Existe nódulo ou inchaço na axila.

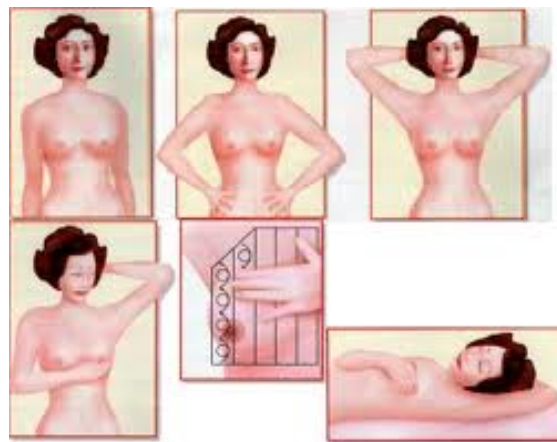


Fig. 2.1: Exame de auto-palpação da mama promovido por todas as instituições de saúde que permite que a mulher se aperceba de qualquer alteração que a mama possa sofrer com o tempo.

Relativamente à mamografia, após serem chamadas para a sua realização, o exame radiológico é estudado por 2 radiologistas que, em caso de dúvida, chamam a mulher a uma consulta clínica de aferição. Se subsistirem dúvidas, são encaminhadas para instituições hospitalares onde realizarão um diagnóstico final e, caso a suspeita se confirme, serão rapidamente tratadas [8]. Para a mamografia são capturadas 4 imagens da mama em duas incidências.

Incidências Mamográficas

Para realizar a mamografia, a mama é comprimida sobre duas placas e a mulher deve estar de pé (Fig. 2.2).

Com suporte na mamografia, o radiologista averigua o padrão glandular e a existência de algum tipo de lesão. Pode ocorrer ser necessário prescrever outros exames por incapacidade de visualizar correctamente os tecidos mamários.



Fig. 2.2: Posição da paciente para realização de uma mamografia.

Na mamografia, são indispensáveis duas incidências de cada mama: médio-lateral-oblíqua (MLO) e crânio-caudal (CC) (Fig. 2.3) [9]. No entanto, a incidência MLO é a mais eficaz, uma vez que mostra uma quantidade maior de tecido mamário e inclui estruturas mais profundas do quadrante supero-externo e do prolongamento axilar, enquanto a CC tem como objectivo incluir todo o material póstero-medial, complementando a MLO. Na Fig. 2.4 estão ilustradas as duas imagens obtidas de cada mama por incidência.

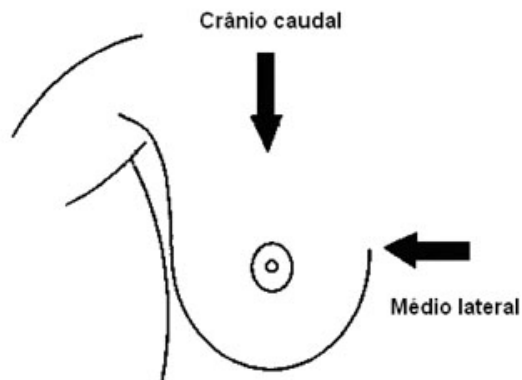


Fig. 2.3: Esquematização das incidências mamográficas.

BI-RADS®

A incoerência dos critérios de análise de mamogramas levou o American College of Radiology (ACR) a criar um sistema de classificação que permitisse [10] uniformizar os diagnósticos, o BI-RADS®.

A classificação BI-RADS® (Breast Imaging-Reporting and Data System) foi

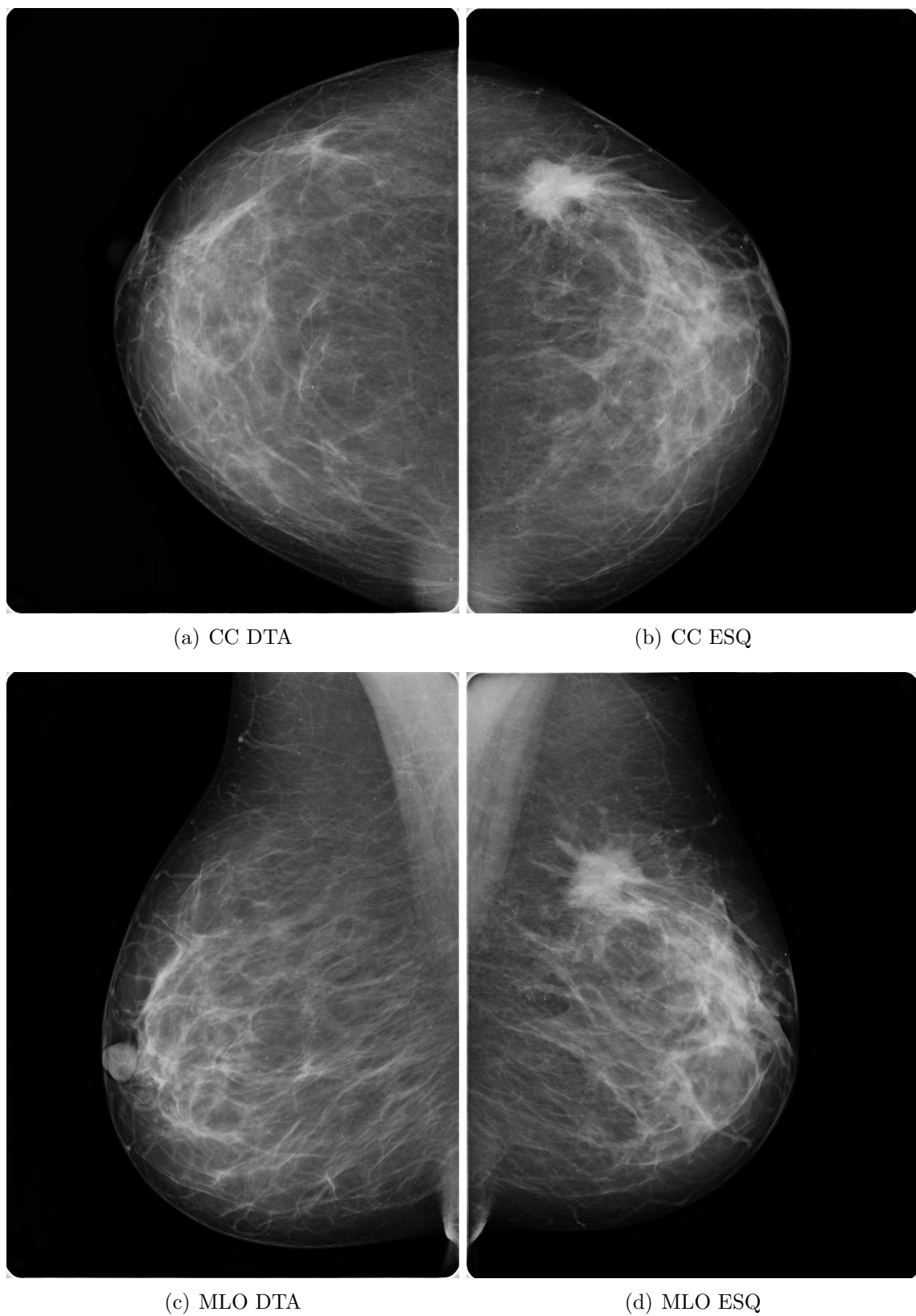


Fig. 2.4: Indicações Mamográficas (a) Crânio-caudal direita (b) Crânio-caudal esquerda (c) Médio-lateral Oblíqua direita (d) Médio-lateral Oblíqua esquerda.

concebida uma vez que a falta de uniformidade acabava por originar relatórios ambíguos [11].

O objectivo desta classificação é evitar discrepâncias em opiniões relativas às imagens mamográficas, tornando os achados padronizados e as recomendações claras [3, 12].

O léxico do sistema BI-RADS® oferece um número de regras que permite facilitar a comunicação entre os radiologistas, os especialistas e os pacientes. A Tab. 2.1 mostra as categorias consideradas pelo ACR para diagnóstico de cancro da mama [13].

Tab. 2.1: Classificação BI-RADS®

Categoria	Avaliação	Descrição
0	Inconclusivo	Necessita de exames adicionais
1	Negativo	Não existem alterações das estruturas
2	Benigno	Achado benigno
3	Provavelmente Benigno	Existe um achado e pensa-se que seja benigno
4	Suspeito	Achado com aspecto suspeito
5	Suspeita de alta malignidade	Suspeita de malignidade
6	Maligno	Biopsia confirma malignidade

Desta forma, tornou-se mais fácil uniformizar os relatórios médicos e criar algum consenso na comunidade de Radiologia. Assim, todos os mamogramas passaram a ter um valor de BI-RADS® sendo esta técnica adoptada por todo o mundo. O Programa de Rastreio do Cancro da Mama não é excepção e conta com especialista a avaliar os resultados em valores de BI-RADS®.

2.1.3 Dados Estatísticos sobre Cancro da Mama

Foram já executadas, a nível nacional, mais de 1.600.000 mamografias de rastreio e detectados cerca de 2.200 cancros, mas a maioria de pequenas dimensões, o que permitiu um tratamento menos agressivo, mais eficaz e em muitos casos a cura total [14, 15]. A Fig. 2.5 revela-nos que até 2010, o cancro da mama, inserido nos tumores malignos, constitui uma das maiores taxas de mortalidade feminina. Em 2010, morreram 30 mulheres por cancro da mama, em cada 100 mil. A taxa de mortalidade feminina por cancro da mama apresenta uma tendência de crescimento, tendo passado de 26,6 óbitos em 2006, para 30,3 em 2010, por cada cem mil mulheres.

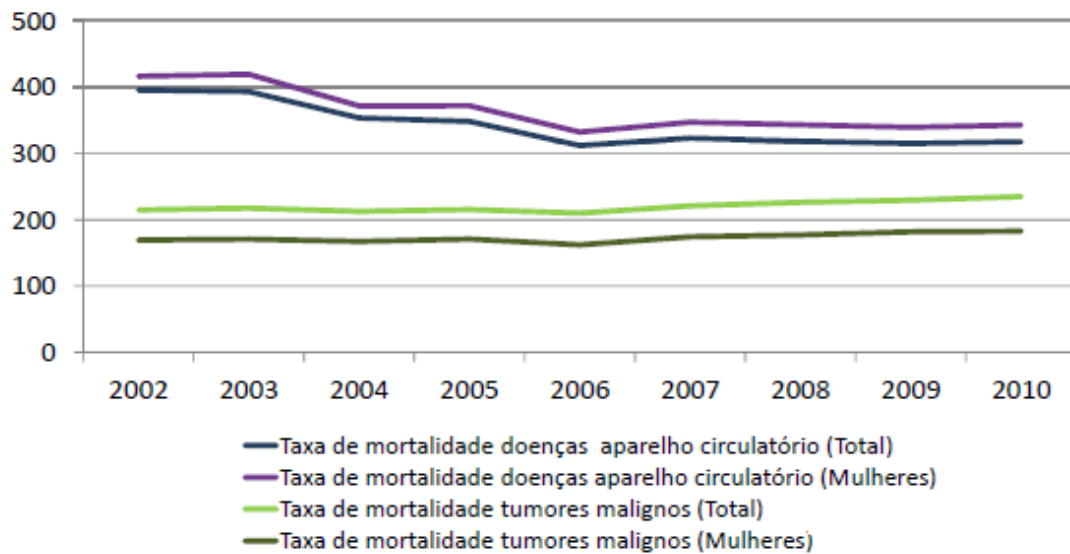


Fig. 2.5: Taxa de mortalidade do cancro da mama até 2010 em Portugal [15] inserida como maior causa dentro do grupo dos tumores malignos com um valor de 182,6 por cada cem mil mulheres.

Com este processo a LPCC consegue obter resultados capazes de ajudar a salvar muitas vidas. No entanto, a LPCC não apoia apenas o Programa de Rastreio do Cancro da Mama, existem programas para outro tipo de patologias como por exemplo o Programa de Rastreio Contra a Tuberculose.

2.2 Programa de Rastreio da Tuberculose

A tuberculose (TB) é uma infecção potencialmente mortal, causada por uma bactéria que se encontra no ar chamada *Mycobacterium tuberculosis* (MTB), também conhecido por Bacilo de Koch. É uma doença contagiosa e transmissível que atinge sobretudo os pulmões muito embora seja muitas vezes detectada em outras partes do corpo como os gânglios, os rins, os ossos, os intestinos e as meninges.

Os sintomas mais evidentes da TB são:

- Tosse crónica;
- Febre;
- Existência e persistência de suores nocturnos;
- Dores no tórax;

- Perda de peso lenta e progressiva;
- Falta de apetite, anorexia, apatia completa para com quase tudo o que está à volta;

A transmissão da TB processa-se através do ar. Quando um doente com TB tosse, fala ou espirra propaga no ar pequenas gotas de aerossóis que contêm o bacilo de Koch. Uma pessoa saudável que respire o ar de determinado ambiente onde permaneceu um tuberculoso pode infectar-se. Note-se que um espirro de um doente com TB projecta no ar cerca de dois milhões de bacilos. Através da tosse, cerca de 3,5 mil partículas são igualmente projectadas para a atmosfera.

Esta doença é mais frequente entre as pessoas de idade avançada. Existem três razões básicas para que se verifiquem mais casos entre os indivíduos idosos:

1. Muitos foram infectados quando a tuberculose era mais frequente;
2. Com a passagem dos anos, a eficiência do sistema imunitário do organismo reduz-se, o que possibilita que as bactérias inactivas sejam reactivadas;
3. Os idosos que se encontram em centros de cuidados crónicos têm maior probabilidade de estar mais em contacto com adultos da mesma idade, correndo o risco de contrair a doença.

2.2.1 Estratégias de Prevenção de Tuberculose

Mundialmente morrem mais pessoas de tuberculose do que por qualquer outra doença infecciosa durável. A TB mata aproximadamente dois milhões de pessoas por ano, 98% das quais em países em desenvolvimento. Actualmente estima-se que um terço da população mundial está infectado com TB o que não indica que manifeste a doença. Apesar da dimensão que atinge, esta doença foi durante muito tempo esquecida pensando-se que já estava extinta sendo mesmo reduzida a verba de apoio à cura e detecção da TB [16].

Considerando os dados estatísticos revelados que mostravam que a TB matava ainda muito mais do que se imaginava, a Organização Mundial da Saúde (OMS) a declarou uma emergência mundial. Desta forma, a declaração surtiu efeito e cerca de dez milhões de pessoas infectadas completaram com sucesso o tratamento ao abrigo da estratégia DOTS (Directly Observed Therapy Short-Course), uma das mais bem-sucedidas iniciativas de saúde pública com baixos custos alguma vez implementada a

nível mundial [17]. O número de países que já adoptaram e implementaram a estratégia DOTS (Portugal é um deles) atinge já mais de uma centena e meia, cobrindo mais de 60% da população mundial. As organizações coordenaram os esforços para melhorar o combate à TB principalmente a que está associada à infecção com o vírus da imunodeficiência humana (VIH-SIDA), a tuberculose resistente a medicamentos múltiplos e a pesquisa sobre novos diagnósticos, remédios e vacinas para a tuberculose [18].

Em Portugal, directamente associada à melhoria dos índices de desempenho do Plano Nacional de Luta Contra a Tuberculose (PNT) verifica-se uma diminuição acentuada dos níveis de contágio e morte por TB. Contudo, a situação é menos favorável nas grandes áreas urbanas de Lisboa, Porto e Setúbal, onde se concentra a maior parte dos casos registados no país [19]. Nestas áreas, incidem com particular intensidade os mais determinantes factores de risco, com impacto negativo no sucesso terapêutico e no aumento da resistência aos fármacos. Em relação à União Europeia, Portugal é um dos países com maior incidência de casos notificados e com maior expressão dos aspectos que lhe conferem o carácter de infecção emergente [20].

Rastreios da Tuberculose

Para aumentar a eficácia dos rastreios é obrigatório criar medidas de motivação dos casos suspeitos para recorrerem aos serviços de saúde bem como criar medidas que permitam aumentar a capacidade de detecção de diagnóstico e de captação dos casos de doença por parte dos profissionais.

O rastreio, enquanto actuação dos serviços de saúde tem como objectivo promover atitudes, inquéritos e exames junto dos grupos que tem um risco significativo de adoecerem e virem a ser focos de disseminação da doença. Estão em primeiro lugar os conviventes de cada caso de TB com baciloscopia positiva, mas também todos os casos de doença não contagiantes.

Após a convocação de indivíduos, além do exame clínico é efectuada radiografia ao tórax, prova tuberculínica e recolha de expectoração para criar cultura na expectativa da formação de colónias de Bacilos de Kock.

Os grupos de maior risco e que devem ser rastreados continuamente são:

- Estabelecimentos prisionais;
- Comunidades fechadas (prostituição, toxicodependentes,);
- Lares de idosos;

- Sem-abrigo;
- Portadores de HIV-SIDA;
- Profissionais de saúde;

Os rastreios devem pressupor:

- Capacidade de resposta dos serviços para tratar eficazmente os previsíveis casos a detectar.
- Capacidade de desenvolver este trabalho externo e não contínuo sem pôr em causa a qualidade das áreas de trabalho principais dos serviços.

2.2.2 Diagnóstico da Tuberculose

O diagnóstico de TB é feito a nível microbiológico com o isolamento e identificação da bactéria responsável pela infecção e por imagiologia para a detecção de massas nos pulmões. Quando existe suspeita de patologia é solicitada a colheita de líquido biológico podendo ser expectoração, urina, lavado bronco-alveolar, lavado brônquico, líquido pleural, fezes ou outro tecido que esteja sob suspeita. Existem várias técnicas que permitem a identificação do MTB. As técnicas utilizadas estão ilustradas no esquema representado na Fig. 2.6.

Diagnóstico Laboratorial

Exame Directo

A Auramina, é um corante fluorescente fixado pelo MTB, pelo que o diagnóstico da doença pode ser feito por microscopia de fluorescência [21]. No exame directo, observam-se os esfregaços das amostras fixadas em lâmina após o método de descontaminação, homogeneização e concentração.

No entanto, quando o resultado é duvidoso ou positivo na fluorescência, é utilizada a técnica de Ziehl-Neelsen para confirmar o resultado [22]. Após a confirmação, é feita a quantificação do número de bactérias presentes no esfregaço com base na Tab. 2.2.

- Microscopia de Fluorescência: A coloração através de diferentes técnicas constitui um factor fundamental no processo de identificação de MTB, pois dela decorre uma observação microscópica eficaz [22, 23, 24]. A luz fluorescente

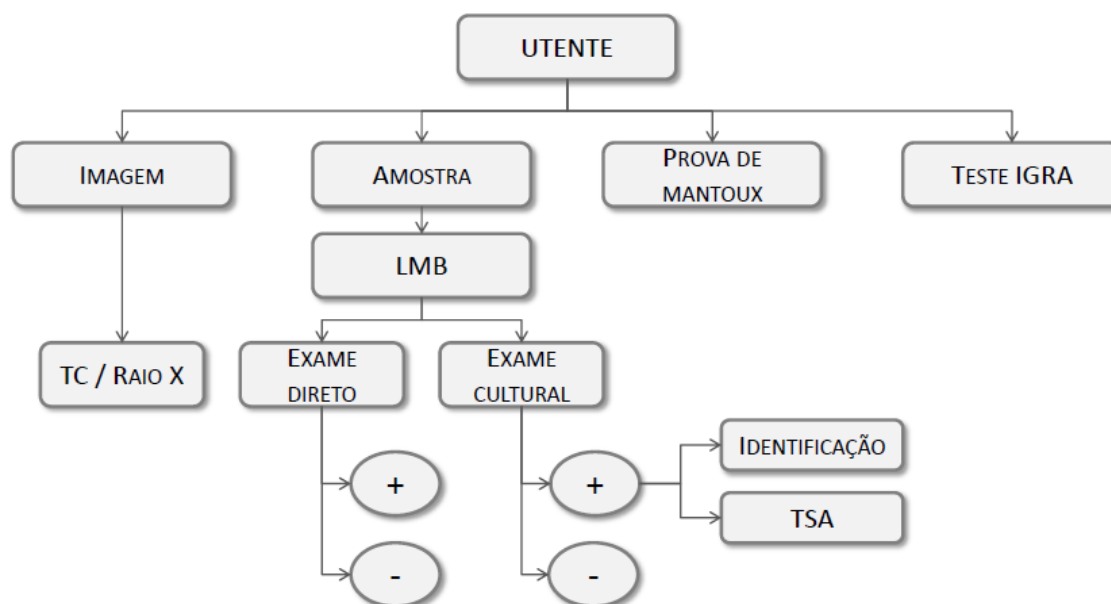


Fig. 2.6: Diagrama de Técnicas de Diagnóstico de TB aplicadas a um utente.

Tab. 2.2: Código de Leitura de Microscopia.

Quantificação	Resultado
0/100 campos	Negativo
1-9/100 Campos	1-9/100 campos
10-99/100 Campos	1+
1-10/ Campo	2+
>10/ Campo	3+

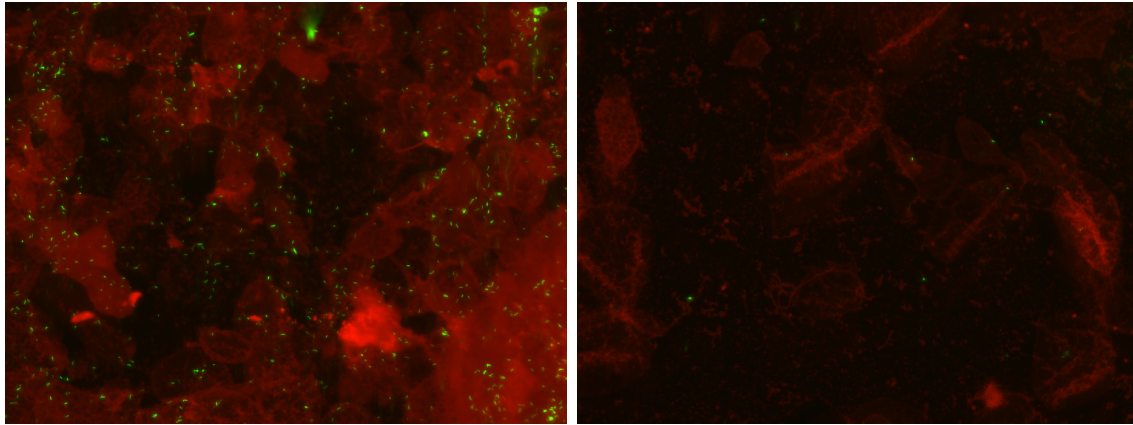


Fig. 2.7: Estas imagens correspondem a um exame directo. Nesta imagem podemos visualizam-se pontos verdes num fundo vermelho. Os pontos verdes são os bacilos de TB. Alguns são bacilos individuais mas outros são aglomerados de bacilos.

emitida pelo microscópio, ao incidir nas micobactérias, provoca a emissão de luz visível e observam-se os microrganismos a brilhar em fundo escuro como pode ser observado na Fig. 2.7.

- Técnica de Ziehl-Neelsen (ZN): Havendo necessidade de confirmar os resultados de microscopia de fluorescência, recorre-se a uma outra técnica de microscopia, a coloração de ZN. Neste tipo de coloração as células são coradas com carbol-fucsina quente, descoradas com solução de álcool-ácido, e coradas com um segundo corante como exemplo o azul-de-metileno. As bactérias ácidas resistentes retêm a coloração do primeiro corante.

Exame Cultural

O diagnóstico definitivo de TB continua a basear-se na obtenção de uma cultura positiva para MTB. O meio clássico é o meio de Lowenstein-Jensen (LJ) que continua a ser o método de preferência e permite a detecção visual das colónias em 18 a 24 dias. Recentemente, utilizam-se meios líquidos que permitem um crescimento micobacteriano mais rápido do que o meio LJ [25].

- Identificação: Os métodos convencionais, chamados de identificação bioquímica pela análise menorítica dos microrganismos, dependem do crescimento da bactéria em laboratório, em meios de cultivo específico, o que pode levar até 60 dias [26].

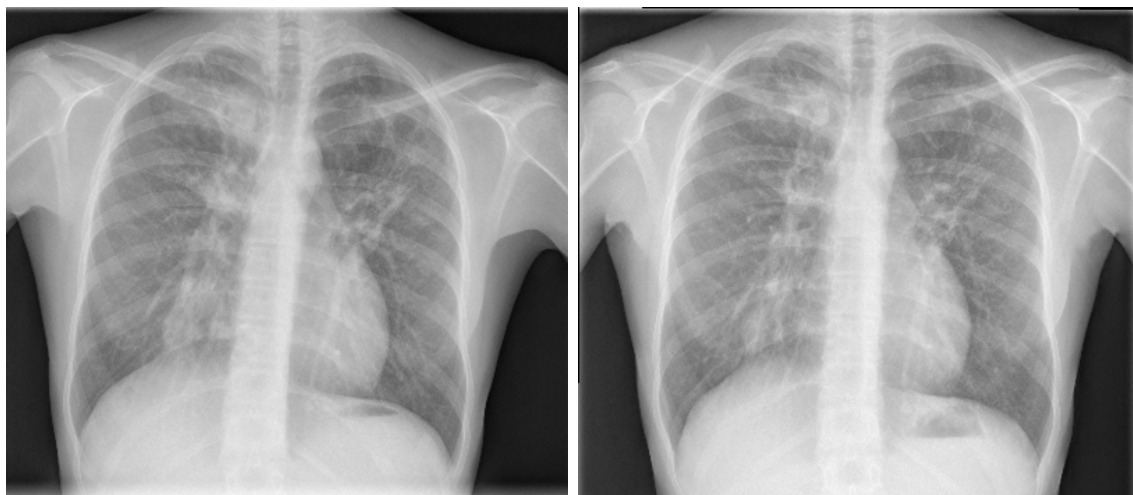
- Antibiógrama - Teste de sensibilidade aos Antibióticos (TSA): Os TSA são uma medida da sensibilidade de uma bactéria a um antibiótico, permitindo assim a escolha do antibiótico mais eficaz a ser usado contra essa mesma bactéria [27, 28].
- Diagnóstico Imagiológico: A imagiologia é utilizada para controlo e detecção da infecção. Em algumas imagens a TB aparece como massas e outras vezes como padrões difusos. Assim, é facilmente confundível com derrames pleurais ou cancros pulmonares.

A radiografia do tórax é a modalidade de imagiologia de escolha na avaliação inicial e no acompanhamento da TB pulmonar (*follow-up*) (Fig. 2.8). Na TB primária a radiografia do tórax pode ser normal, embora pequenos nódulos periféricos possam estar presentes e não ser visualizados [29].

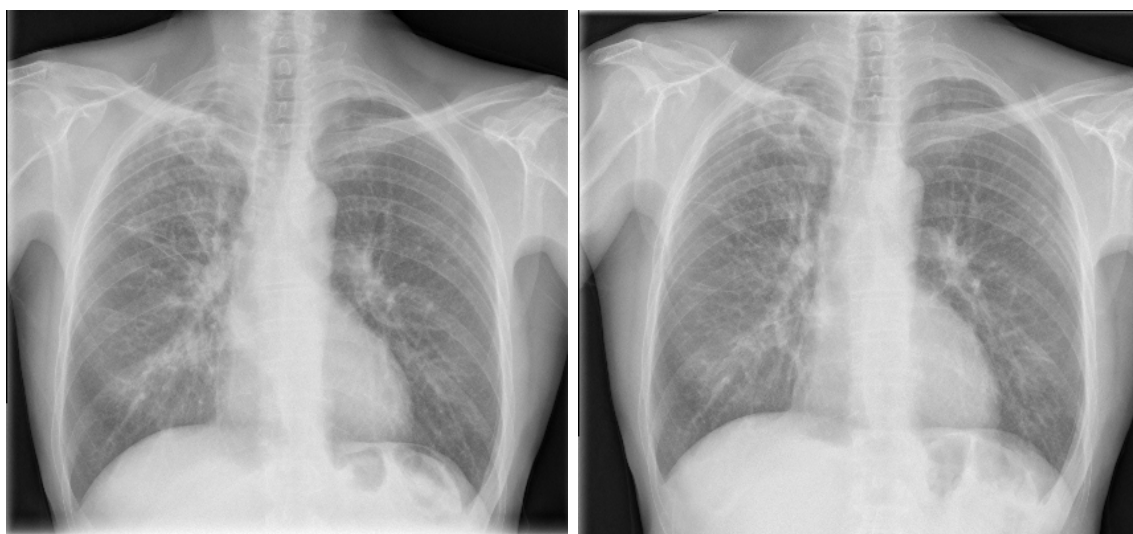
2.2.3 Dados Estatísticos de Tuberculose

Actualmente a TB mata no mundo aproximadamente 3,0 milhões de pessoas por ano, ou seja, mais que o VIH, a malária e as doenças tropicais combinadas. Estima-se que cerca de 1,7 bilhões de indivíduos em todo o mundo estejam infectados pelo *M. tuberculosis*, o que corresponde a 30% da população mundial, sendo que em países pobres, a estimativa é que 70% da população esteja infectada pelo bacilo de Koch, com cerca de 2,8 milhões de mortes por TB e 7,5 milhões de novos casos [16, 17]. Nos países ricos as estimativas são bem menores de 10%, com uma estatística anual de mais de 400.000 novos casos e cerca de 40.000 mortes. Segundo a OMS, uma imensa tragédia poderá ocorrer nas próximas duas décadas, com quase um bilhão de pessoas infectadas e mais de 35 milhões de mortes.

Em 2010, Portugal tinha 22 casos/100 mil habitantes, menos 11% que na avaliação definitiva de 2009 e teve um decréscimo anual médio de 6,4%, consistente nos últimos 10 anos. No entanto, ainda não passou para baixo da fasquia dos 20/100mil habitantes que lhe conferiria a categoria de país de baixa incidência. Contudo, das 20 unidades distritais de coordenação do PNT, do continente e regiões autónomas, 13 têm já menos de 20/100 mil habitantes [19, 20].



(a) Paciente 1



(b) Paciente 2

Fig. 2.8: Radiogramas torácicos intrapaciente para dois pacientes distintos para estudo da evolução da patologia.

2.3 Importância da Formação Médica para os Rastreios

Actualmente, com o avanço da tecnologia e com o aumento da informação junto das populações torna-se cada vez mais importante que a formação dos profissionais de saúde esteja actualizada para que os seus diagnósticos sejam cada vez mais eficazes. A formação contínua consiste em actividades (teóricas, teórico-práticas ou práticas) que servem para manter, desenvolver ou aumentar os conhecimentos, a experiência, as capacidades profissionais com o objectivo de permitir maior capacidade de transmissão de conhecimentos. Desta forma, foram criados por todo o mundo vários programas de treino médico e de apoio à decisão. A nível da Radiologia, é importante que os profissionais tenham bons conhecimentos da Física que envolve o seu trabalho. É importante que se compreenda quais os fenómenos associados à formação das imagens e os níveis de radiação que são aplicados. Actualmente existe um défice de conhecimento de Física Radiológica por parte dos profissionais de Radiologia uma vez que apenas lhes é leccionado a visualização das imagens e a sua validação sem sequer serem obrigados a compreender o que acontece sempre que um paciente sofre radiação. Existem várias aplicações, algumas na web e outras com necessidade de inscrição numa instituição que permitem aos profissionais a avaliação das suas capacidades, tanto a nível teórico como a nível prático. No capítulo seguinte serão mostradas algumas aplicações de treino médico, resultantes de pesquisa bibliográfica.

Formação Contínua em Radiologia de Diagnóstico

Este capítulo aborda o tema da formação médica contínua em Radiologia de diagnóstico. A formação contínua consiste num conjunto de actividades que servem para manter, desenvolver ou aumentar os conhecimentos dos alunos ou já profissionais. O objectivo é permitir prestar melhores cuidados de saúde e/ou maior capacidade de transmissão de conhecimentos. Actualmente, os cursos de saúde, em particular os direccionados a Radiologia, exigem um grande conhecimento tanto da parte da validação da imagem como do equipamento que as gera.

3.1 Avaliação em Formação Contínua

Todos os cursos de Engenharia orientados a Medicina obrigam a que os seus estudantes tenham um conhecimento vasto sobre a Radiologia. Estes cursos, apresentam-se como cursos de Computação e Instrumentação Médica ou como Biomédicas. Os cursos de Engenharia têm nos seus planos de formação esses conceitos de formação de imagem, fenómenos físicos e equipamentos médicos que são leccionados em diversas disciplinas. Uma vez que os equipamentos médicos estão em constante actualização e as descobertas científicas estão cada vez mais frequentes, torna-se necessária uma avaliação destes conhecimentos. Já os cursos de Medicina e técnicos superiores, embora estejam mais ligados à execução dos exames devem compreender os conceitos físicos inerentes à formação da imagem e o fenómeno físico que ocorre aquando da incidência de radiação no paciente.

A avaliação dos profissionais vai responsabilizá-los para o exercício das suas fun-

ções com maior eficácia. A importância da avaliação da formação contínua tem muito a ver com a necessidade de qualificar profissionais para os rastreios radiológicos, ou seja, os profissionais que vão classificar as imagens devem ser os mais aptos possível para evitar erros nos diagnósticos.

3.2 Tipos de Avaliação na Formação Médica

A avaliação na formação médica pode ser realizada em duas componentes: teórica e prática. A componente teórica é composta por questões a nível de conhecimentos físicos da formação das imagens médicas e dos equipamentos. Já a componente prática avalia a capacidade do profissional na validação das imagens médicas.

3.2.1 Avaliação Prática

Na especialidade de Radiologia, algumas instituições submetem os seus radiologistas a processos de treino em avaliação de imagens radiológicas. Nestes treinos, testam as suas competências acompanhados de um especialista na área. Actualmente existem várias aplicações de treino médico para imagiologia em especial para mamografia. Existe já um número elevado de softwares que permitem às instituições de ensino e mesmo os hospitais avaliarem a performance dos seus profissionais. Existem cursos no Medical Technology Management Institute (MTMI) que cumprem o programa Mammography Quality Standards Act (MQSA) onde exigem que os radiologistas tenham no mínimo oito horas de introdução à mamografia digital bem como oito horas em treino de mamografia [30]. Qualquer um dos programas que utilizam mamogramas poderiam facilmente ser substituídos por radiogramas torácicos e assim avaliar a capacidade de detecção de Tuberculose (TB).

QualIM® - Qualificação de Imagens Médicas

O software QualIM® é uma ferramenta digital de ensino que auxilia profissionais no reconhecimento de padrões visuais de uma imagem mamográfica, bem como na interpretação de exames mamográficos, utilizando a classificação BI-RADS® (Secção 2.1.2). Faz hoje parte do programa de residência em Radiologia no Brasil [31].

O sistema está desenvolvido em Delphi 7 e armazena as respostas da interpretação de imagens de mamografia durante o treino, comparando aos dados inseridos denominados 'padrão-ouro'. Este 'padrão-ouro' será as respostas dadas por um especialista. O QualIM® foi estruturado para assegurar a manutenção das informações

contidas na base de dados, onde o acesso é realizado somente com nome de utilizador e palavra-chave. A Fig. 3.1 (a) apresenta a interface de acesso ao software.

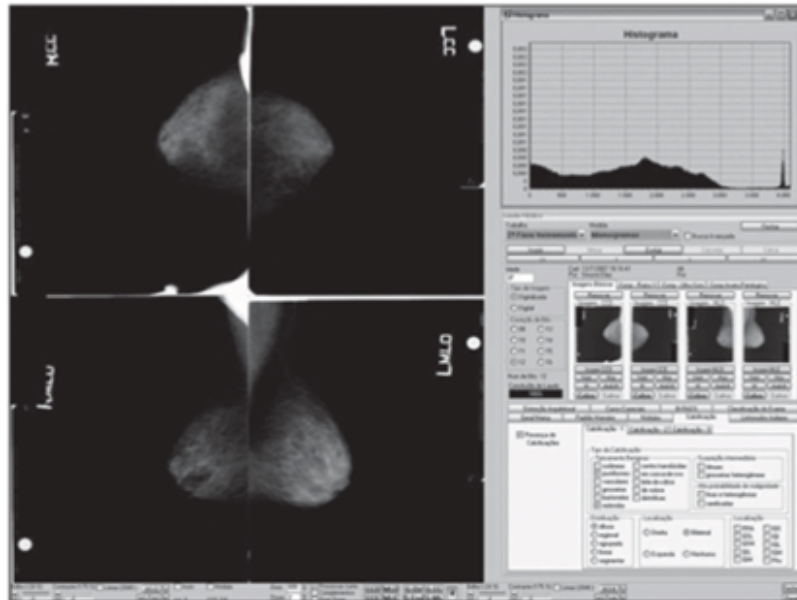
Os radiologistas que estão em treino manipulam as imagens utilizando ferramentas de software (zoom, inversão, réguas digitais, etc.). O software compõe o texto, de forma automática, das informações inseridas pelo profissional, baseado nas categorias BI-RADS®, e compara com a base de dados (Fig. 3.1 (b)).

O acesso às mamografias é permitido por meio de um menu específico, onde o QualIM® foi adaptado para a exibição de imagens de exames mamográficos com duas incidências, sendo as elas crânio-caudal e médio lateral-oblíqua (direita e esquerda) e imagens complementares. O resultado são quatro imagens de mamografia, duas incidências de cada mama, e as possíveis imagens complementares. Dependendo da complexidade do caso, é possível a visualização de até seis imagens de ultrassom e duas imagens de exames anatomopatológicos das pacientes. As valências do QualIM® são:

- Possui casos clínicos de todas as categorias BI-RADS® provenientes de diversas unidades mamográficas convencionais e digitais instaladas em diferentes centros.
- Permite uma diversidade de casos de diferentes complexidades, complementados por outras modalidades de exames, como ultra-som e exame anatomopatológico.
- Possibilita a importação e conversão de imagens DICOM geradas por diferentes fabricantes de CR para o padrão TIFF, mantendo as características de resolução espacial e de contraste.
- A selecção de casos por grau de complexidade propiciada pelo QualIM ajusta o nível de treino à experiência profissional [31].

Software da Universidade Federal de São Paulo

A UNIFESP (Universidade Federal de São Paulo) propôs a criação de um software em Delphi 6 associado a uma base de dados Interbase 6. O desenvolvimento deste sistema tem como base o armazenamento de mamografias associadas aos seus resultados em classificação BI-RADS®. A aplicação consiste num formulário em que são representadas as imagens dos exames mamográficos, juntamente com o seu resultado. Na Fig. 3.2 (a) está a interface do software para o utilizador [32].

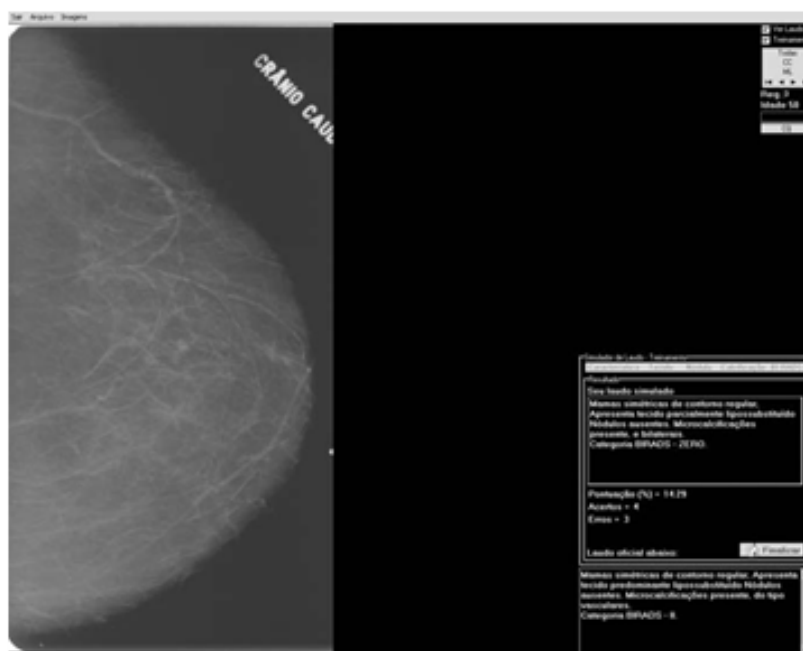


(a)

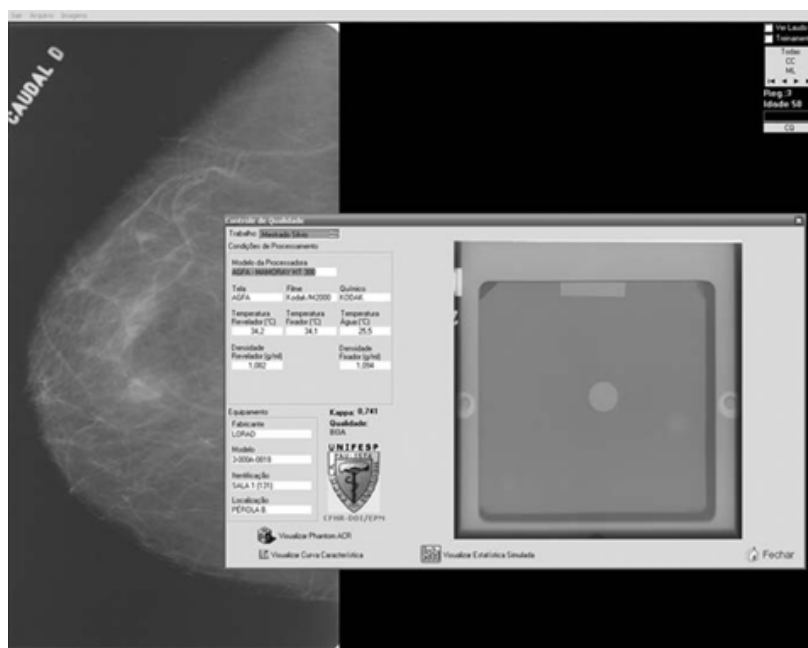


(b)

Fig. 3.1: QualIM® - software de avaliação de mamogramas. a) Interface de utilizador do QualIM® b) Janela que permite ao utilizador do QualIM® editar texto.



(a)



(b)

Fig. 3.2: UNIFESP - software de simulação e avaliação de mamogramas. (a) Interface do software da UNIFESP para o utilizador, (b) Simulador RMI-156 de imagem mamográfica com índice de qualidade.

Os mamogramas foram gerados no mesmo período que as imagens de simuladores foram utilizadas para qualificar o processo de geração de imagem como parte do programa de garantia de qualidade. Foi criada, nesta aplicação, uma função que permite o treino de profissionais da área, em que o utilizador pesquisa por um exame de interesse na base de dados e efectua o diagnóstico classificando pelo sistema BI-RADS®. No final do processo o software faz a comparação do resultado da interpretação simulada com o armazenado no banco de dados, obtendo uma pontuação ponderada de acertos.

A Fig. 3.2 (b) mostra a página do software que permite visualizar a imagem do simulador RMI-156 e o índice de qualidade, e os parâmetros técnicos descritos a seguir:

1. Dados referentes ao equipamento mamográfico: local de instalação, modelo, fabricante.
2. Dados referentes ao processamento: temperatura, sensitometria, fabricante e modelo da processadora.

O software da UNIFESP é uma ferramenta de treino destinada aos profissionais médicos interessados na interpretação de imagens radiológicas digitais, que propiciará uma familiaridade com os resultados em sistema de categorias BI-RADS® e aspectos de qualidade das imagens relativos à detecção de pequenas estruturas, como fibras e microcalcificações.

SCM - Sistema de Classificação de Mamogramas

O SCM foi criado sobre uma base de dados em Acess 2000, que permite aos utilizadores gravar suas respostas sobre os mamogramas - e o tempo de chamada para o paciente repetir o exame ou não. A imagem da mamografia é gravada no ecrã através de um formulário simples e pode ser comparado com o mesmo grupo de mamografias avaliadas após um período de treino. Quando um teste for concluído, um relatório é gerado mostrando que os mamogramas foram correctamente avaliadas pelos utilizadores e os mamogramas que foram incorrectamente avaliados. A estes resultados chamamos falsos positivos ou falsos negativos.

- Autenticação;

A autenticação neste sistema é feito apenas por utilizador. Ou seja, não requer palavra-passe. Após autenticar-se, o utilizador tem acesso ao menu ilustrado na Fig. 3.3 (a).

1. Select name ...

Participant

... or add new

First name

Surname

2. Select test

Test

Do Test Print Report for selected participant and completed test Backup to specified path Quit

Backup path eg c:\backup

(a)

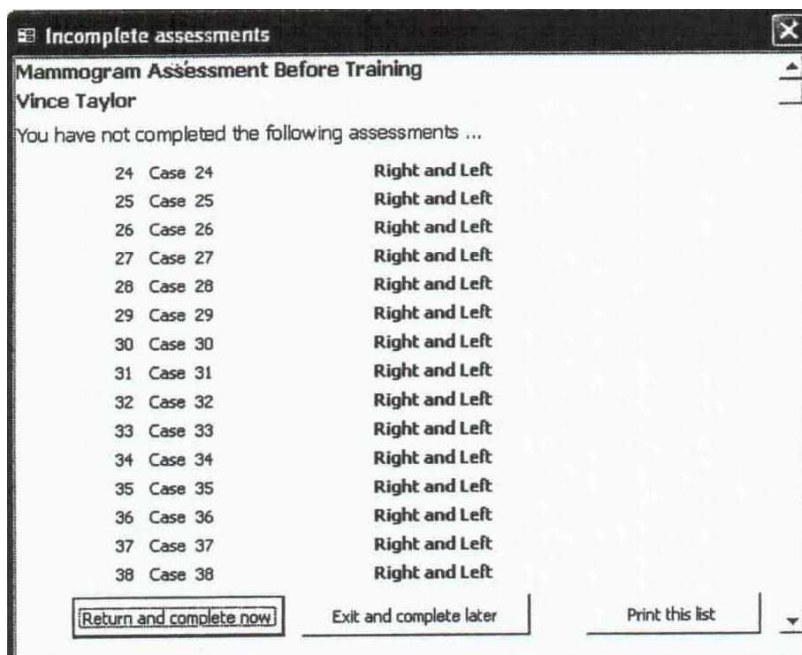
Mammogram Assessment Before Training
Vince Taylor

	Right		Left	
1 Case 1	<input checked="" type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
2 Case 2	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
3 Case 3	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
4 Case 4	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
5 Case 5	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
6 Case 6	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
7 Case 7	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
8 Case 8	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
9 Case 9	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
10 Case 10	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
11 Case 11	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
12 Case 12	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
13 Case 13	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
14 Case 14	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
15 Case 15	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
16 Case 16	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
17 Case 17	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
18 Case 18	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
19 Case 19	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
20 Case 20	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
21 Case 21	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
22 Case 22	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall
23 Case 23	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall	<input type="radio"/> Recall	<input type="radio"/> No recall

Return to Main Menu List unanswered Quit

(b)

Fig. 3.3: SCM - software de avaliação de mamogramas. (a) Painel de dados do utilizador. (b) Painel para selecção de teste de treino.



(a)

Mammogram Assessment Summary									
Mammogram Assessment Before Training								Emma Senior	
Case	Right		Left						
1 Case 1	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
2 Case 2	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>					
3 Case 3	No recall	<input type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Cancer	18	4	22	Sensitivity 81.62%
4 Case 4	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
5 Case 5	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>	No Cancer	18	78	96	Specificity 81.25%
6 Case 6	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input type="checkbox"/>					
7 Case 7	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input type="checkbox"/>					
8 Case 8	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input type="checkbox"/>					
9 Case 9	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
10 Case 10	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input type="checkbox"/>					
11 Case 11	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
12 Case 12	Recall	<input type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
13 Case 13	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
14 Case 14	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>					
15 Case 15	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
16 Case 16	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>					
17 Case 17	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
18 Case 18	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input type="checkbox"/>					
19 Case 19	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>					
20 Case 20	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
21 Case 21	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
22 Case 22	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
23 Case 23	Recall	<input type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
24 Case 24	Recall	<input type="checkbox"/>	Recall	<input type="checkbox"/>					
25 Case 25	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
26 Case 26	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
27 Case 27	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
28 Case 28	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	Recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
29 Case 29	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					
30 Case 30	Recall	<input type="checkbox"/>	No recall	<input checked="" type="checkbox"/>					

(b)

Fig. 3.4: SCM - software de avaliação de mamogramas. (a) Lista de respostas não terminadas. (b) Impressão do relatório de pontuação.

No caso de ser um utilizador já existente, basta apenas procurar na caixa 'Participant' o nome já descrito anteriormente. No caso de ser novo, o utilizador preenche o primeiro e último nome que são obrigatórios.

- Seleccção do teste para treino: Na Fig. 3.3 (a) visualiza-se também o objecto que permite seleccionar o teste de treino. No caso de ter deixado um teste incompleto, o utilizador irá retomar o teste do ponto onde parou. No caso de ainda não ter iniciado um teste, o utilizador irá começar um novo (Fig. 3.3 (b)). A resposta é dada clicando no botão que corresponde à resposta pretendida. No lado direito aparecerá 'Recall' sempre que uma das respostas for 'recall'.
- Lista de Respostas não validadas: A Fig. 3.4 (a) mostra um botão 'List Unanswered'. Clicando neste botão, será aberta uma nova janela com as respostas que ainda não foram validadas pelo utilizador, ou seja, aqueles mamogramas que ainda não têm uma resposta dada.

O software só permite que um teste seja corrigido e validado assim que todas as imagens mamográficas tenham uma resposta dada. Caso contrário e como explicado anteriormente, sempre que o utilizador se autenticar, terá que refazer o teste do ponto em que parou. A janela que surge com as respostas dá ao utilizador as seguintes hipóteses:

- Return and complete now: permite ao utilizador terminar já o teste voltando ao menu anterior e realizando as questões em falta.
- Exit and complete later: permite ao utilizador sair do sistema e terminar o teste mais tarde.
- Print this list: permite ao utilizador imprimir a lista de questões não resolvidas.
- Impressão de Relatório: Aquando da resolução total de um teste, é possível gerar o resultado (Fig. 3.4 (b)). Clicando no botão 'Print Report' será gerado um relatório com as questões respondidas e as correcções. Com a análise dos resultados, o relatório emite a Sensibilidade e a Especificidade do teste realizado bem como a resolução para explicar o porquê de estar incorrecta a solução dada pela utilizador.

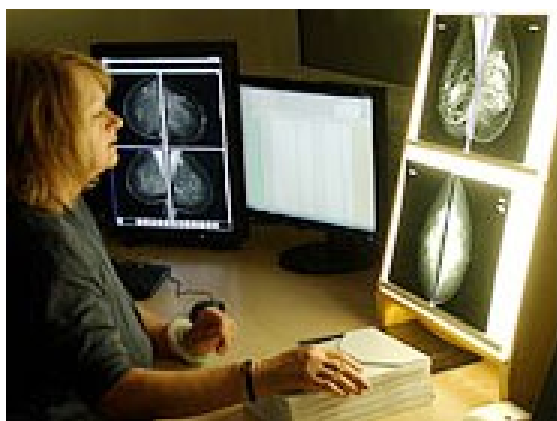


Fig. 3.5: Profissionais a serem submetidos ao PERFORMS® [33].

PERFORMS®

O PERFORMS® é um software desenvolvido para trabalhar em regime de auto-avaliação. Foi desenvolvido pelo professor Alastair Gale em colaboração com o Programa de Rastreo da mama no final de 1980. Incorporado num programa de treino médico, o PERFORMS® é executado anualmente no Reino Unido desde a sua criação.

O desenvolvimento do software PERFORMS® surgiu com base em algumas pesquisas iniciais sobre cancro da mama e no desenvolvimento de aparelhos digitais para ajudar na detecção da patologia. O programa PERFORMS® é aberto a todos os radiologistas do Reino Unido que podem participar anonimamente, sem nenhum custo e receber a sua pontuação.

Originalmente, o PERFORMS® utilizava uma única incidência mamográfica, a MLO, de cada mama que os radiologistas relatavam com uso de papel. Posteriormente foi alterado para utilizar duas incidências mamográficas (MLO e CC) e pequenos computadores de mão para gravação das decisões radiológicas. Este programa também permitiu o feedback rápido sobre a precisão das decisões de rastreio. Posteriormente este pequeno computador foi substituído por um computador *tablet* baseado em Windows que usa uma interface gráfica com feedback detalhado dos resultados. Na Fig. 3.5 visualizam-se três profissionais a serem submetidos ao programa PERFORMS®.

Os casos de mamografia usados para abastecer a base de dados do programa foram anonimizados e digitalizados resultando em cópias impressas a laser que circulam no Reino Unido para que todos vejam a mesma qualidade de imagens [33].

Em 2010, a reflectir a evolução digital no programa de rastreio do Reino Unido,

o software sofreu mais uma alteração. Os casos de mamografia deixam de usar o filme convencional e passam a usar mamografias digitais. Actualmente, o PERFMORMS® ainda se encontra em processo de substituição de computadores uma vez que a mamografia convencional ainda é muito usada, é necessário manter a versão anterior do software. Numa perspectiva futura, o sistema PERFORMS® será executado por radiologistas em qualquer plataforma de computador (Windows, MAC, Unix) e as imagens serão transferidas para a sua estação de trabalho.

3.2.2 Avaliação Teórica

Alguns programas de treino e avaliação utilizam questões de escolha múltipla relativa a vários tópicos dentro da Radiologia. A disponibilização de muitos meios de avaliação na internet possibilita que qualquer radiologista em qualquer parte do mundo possa realizar testes e mesmo autoavaliar-se. Seguem-se alguns exemplos de programas de avaliação teórica.

Programa Learning Radiology

O Programa de Residência de Radiologia, no Albert Einstein Medical Center na Pensilvânia, criou um portal com o intuito de facilitar os apontamentos aos residentes deste programa. Este portal criado ao abrigo do programa Learnig Radiology acabou por se difundir e hoje em dia tem mais de 20 mil páginas de conteúdos e mais de 11 mil visitantes diários. Este portal de comunicação com os alunos de Radiologia permitiu ao longo dos tempos um aperfeiçoamento constante e hoje permite que possam realizar um teste à escolha estando estes diferenciados por níveis de dificuldade: B=Beginner, M=Moderate e A=Advanced. A Fig. 3.6 ilustra a página web onde pode ser executado um teste de avaliação aos conhecimentos dos radiologistas. Cada um destes testes conta com 5 questões diferentes com níveis de dificuldade diferentes, dídas pelos diferentes tópicos [34].

Programa WEB-RAD-Train

O programa WEB-RAD-Train foi criado com o intuito de avaliar os residentes pelo Dr. Eric Hall, desta vez na Colômbia. Este programa oferece uma oportunidade para cientistas e médicos em ciências radiológicas desenvolverem materiais educativos e especificamente para a sua ampla distribuição na internet [35].

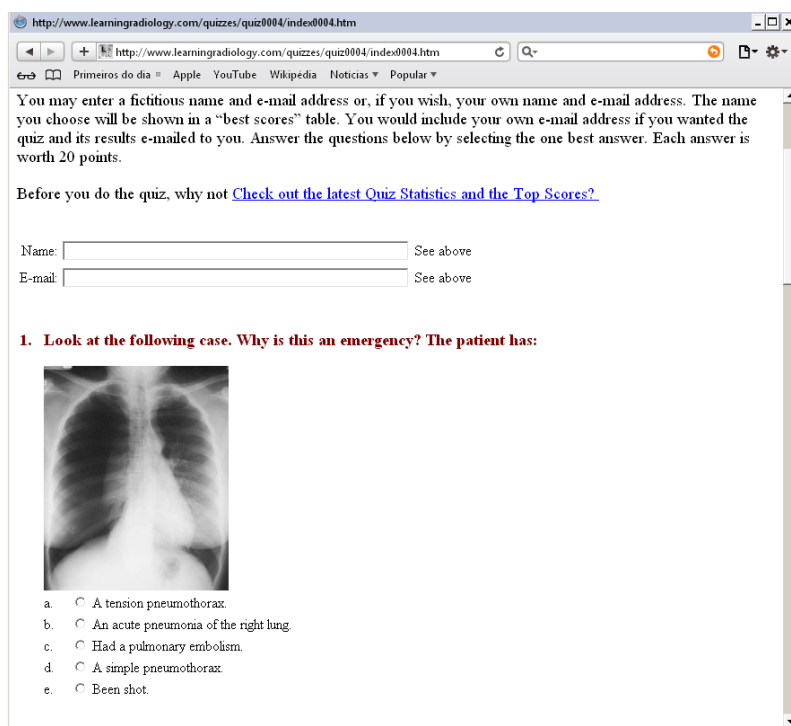


Fig. 3.6: Learnig Radiology - aplicação criada pelo Dr. Herring para o Programa de Residência de Radiologia no Albert Einstein Medical Center na Pensilvânia [34].

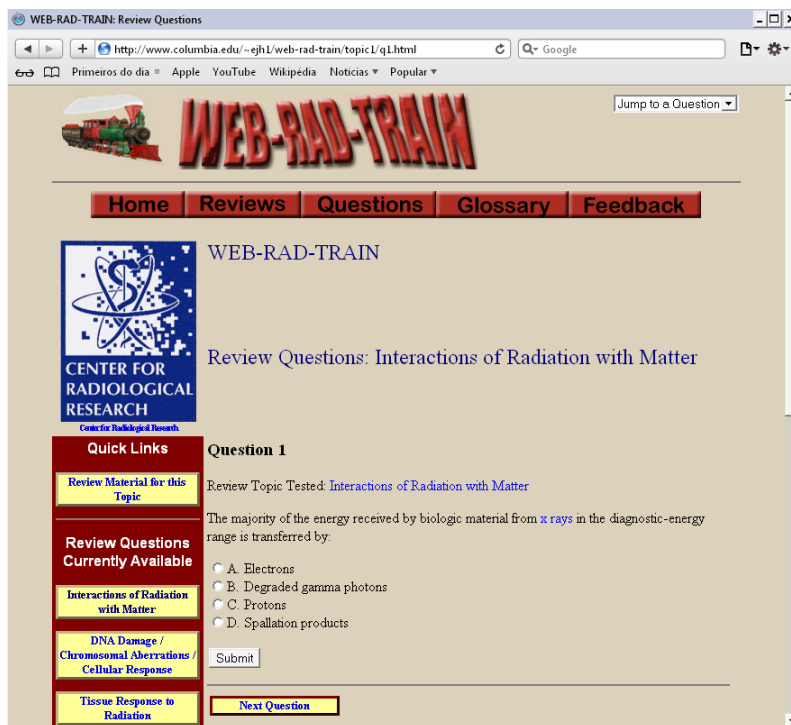


Fig. 3.7: Programa WEB-RAD-Train criado pelo Dr. Eric Hall para o Programa de Residência de Radiologia na Columbia [35].

RAPHEX®

Em 1968, a fim de promover a formação dos residentes nas diversas especialidades radiológicas, a Radiological and Medical Physics Society (RAMPAS) nomeou uma comissão para preparar um exame radiológico sobre Física. Este exame foi aplicado numa base voluntária para os residentes de Radiologia na Universidade. A resposta foi tão gratificante que o exame passou a ser um evento anual. A este exame deram o nome de RAPHEX® - Radiological Physics Examination [1]. O RAPHEX® está dividido em três categorias diferentes:

- Geral
- Diagnóstico
- Terapêutica

A categoria Geral deve ser realizada por todos os estudantes e devem escolher uma das outras duas conforme as suas especialidades. Desta forma, os profissionais que se submetem ao exame têm três horas para responder à categoria Geral e a uma das outras duas conforme a sua especialidade.

Esta tese foi criada e fundamentada no conceito do RAPHEX®. Desta forma, no capítulo seguinte será aprofundado este programa de forma a que seja compreendida a sua ideia e a forma como se encontra organizado.

Física da Radiologia

O avanço tecnológico a nível da Física Radiológica promoveu melhorias significativas nos equipamentos de imagem médica. Este capítulo tem como objectivo abordar os conceitos físicos inerentes à geração dos fenómenos que conduzem à formação da imagem de diagnóstico. A apresentação do Capítulo 4 segue a organização do RAPHEX® explicado no capítulo anterior na Secção 3.2.2: Geral, Diagnóstico e Terapêutica. No final do capítulo serão mostrados alguns exemplos de questões utilizadas no RAPHEX®.

4.1 Física Radiológica Geral

A categoria Geral é a primeira que surge nos exames do RAPHEX®. Esta categoria coloca questões relativas à Física em geral relativa à Radiologia. A Radiologia deve a sua descoberta a W. C. Roentgen, em 1895, que após várias experiências descobriu que era possível produzir um tipo de raio ainda desconhecido. Uma vez que não sabia explicar a sua origem, deu-lhe o nome X [36].

O raio-X é uma onda electromagnética de alta energia e o seu comprimento de onda é muito curto, na ordem de $10^{-12}m$, e a sua frequência é na ordem de $10^{16}Hz$. O comprimento de onda do raio-X está próximo do raio gama. Com este comprimento de onda muito curto, estes raios tem a capacidade de penetrar na matéria, o que possibilita sua utilização no estudo dos tecidos do corpo humano [37].

4.1.1 Radiação Ionizante

A interacção das radiações ionizantes com a matéria é um processo que se dá a nível atómico. Ao atravessar um material, estas radiações transferem energia para

as partículas que encontram na sua trajectória [38]. Caso a energia transferida seja superior à energia de ligação do electrão com a estrutura atómica, este é ejectado de sua órbita. O átomo fica momentaneamente instável uma vez que com a ejeção do electrão, aumenta a sua carga positiva. O electrão ejectado desloca-se no meio, impulsionado pela energia cinética que adquire na ejeção do átomo. Esta energia é dissipada através da interacção do electrão com electrões e núcleos de outros átomos vizinhos, eventualmente encontrados na sua trajectória. Novos iões são produzidos. O processo é interrompido quando, tendo a sua energia dissipada em interacções (choques), o electrão é capturado pelas moléculas do meio. A interacção de pares de iões (positivos e negativos) com a matéria recebe o nome de ionização [39, 40]. Alguns exemplos de radiações ionizantes são:

- Radiação alfa;
- Radiação beta;
- Radiação gama;
- Raio-X;

Desta forma, a radiação ionizante pode ser resumida como a radiação capaz de ejectar electrões de átomos ou moléculas produzindo iões.

4.1.2 Produção de Raio-X

O raio-X é produzido dentro de um dispositivo denominado tubo de raio-X. O tubo de raio-X, ilustrado na Fig. 4.1, contém dois elementos: o cátodo e o ânodo. O cátodo é o eléctrodo negativo do tubo e é constituído por duas partes principais: o filamento e o corpo de focagem. A função básica do cátodo é emitir electrões e focá-los em forma de feixe bem definido apontado para o ânodo. Em geral, o cátodo consiste num pequeno fio em espiral (ou filamento) dentro de uma cavidade (corpo de focagem).

O material que compõe o filamento é normalmente de Tungsténio uma vez que tem alto ponto de fusão e não vaporiza facilmente (a vaporização do filamento provoca o enegrecimento do interior do tubo e a consequente mudança nas características eléctricas). O corpo de focagem serve para focar os electrões que saem do cátodo e fazer com que eles choquem contra o ânodo. A corrente do tubo é controlada pelo grau de aquecimento do filamento [38]. Quanto mais aquecido for o filamento, mais

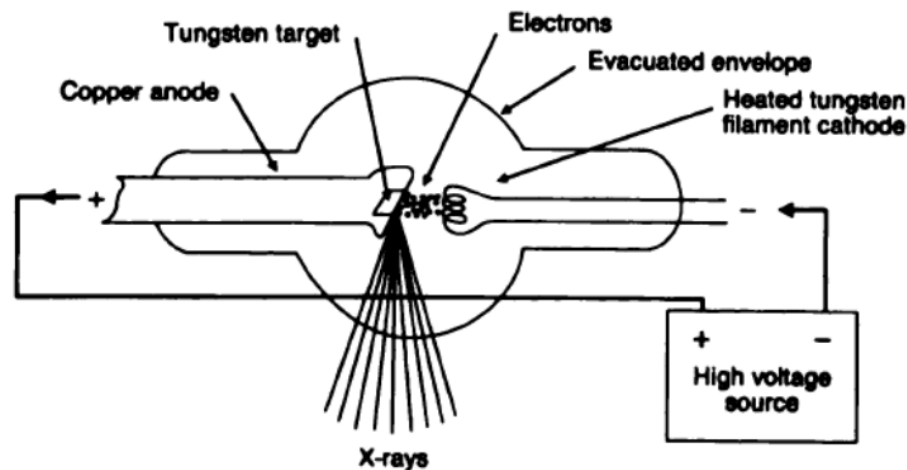


Fig. 4.1: Tubo de Raio-X [41].

electrões serão emitidos pelo mesmo, e maior será a corrente que fluirá entre o ânodo e cátodo. Assim, a corrente de filamento controla a corrente entre ânodo e cátodo.

O ânodo é o pólo positivo do tubo, serve de suporte para o alvo e actua como elemento condutor de calor. O ânodo, como já referido, é de tungstênio uma vez que tem boa condutividade térmica, alto ponto de fusão e alto número atômico, de forma a otimizar a relação de perda de energia dos electrões por radiação (raio-X) e a perda de energia por aquecimento.

O ânodo e o cátodo ficam acondicionados no interior de um invólucro fechado (tubo ou ampola), que está acondicionado no interior do cabeçote do equipamento. A ampola é geralmente constituída de vidro de alta resistência, mantida em vácuo, tendo a função de promover isolamento térmico e eléctrico entre ânodo e cátodo [41]. É revestido de chumbo cuja função é de blindar a radiação de fuga e permitir a passagem do feixe de radiação apenas pela janela radiotransparente direccionando desta forma o feixe. O espaço é preenchido com óleo que actua como isolante eléctrico e térmico [42].

O raio-X é produzido quando electrões de alta energia interagem com a matéria e convertem a sua energia cinética em radiação electromagnética. As duas formas de produzir raio-X são o processo de *Bremsstrahlung* e o processo raio-X Característico.

Bremsstrahlung

No processo *Bremsstrahlung* os electrões incidentes são atraídos para o núcleo positivamente carregado. Na Fig. 4.2 ilustram-se três situações diferentes que podem ocorrer.

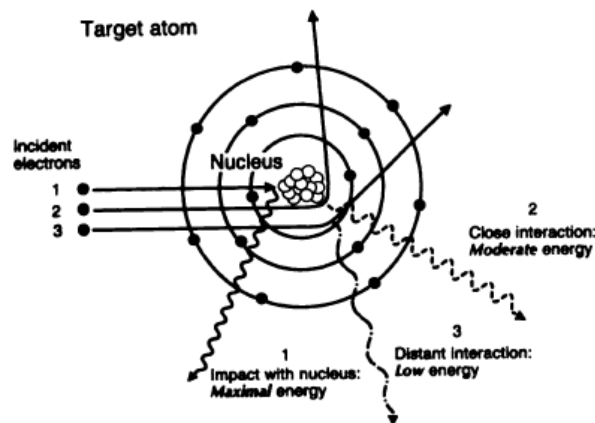


Fig. 4.2: Produção de raio-X pelo processo de Bremsstrahlung [41].

O electrão incidente 1 embate directamente no núcleo e liberta toda a sua energia. Esta colisão produz um raio-X *Bremsstrahlung* com a máxima energia. Na situação seguinte, o electrão incidente 2 não embate no núcleo mas viaja relativamente perto dele. Esta proximidade permite a transferência de alguma energia o que irá produzir um raio-X *Bremsstrahlung* de menos energia que o primeiro. Por último, o electrão incidente 3 viaja longe do núcleo o que só permite que seja produzida alguma energia radioactiva. Desta forma é produzido um raio-X *Bremsstrahlung* com energi ainda inferior aos outros dois [41].

Raio-X Característico

Na Fig. 4.3 pode ver-se um exemplo de uma produção de raio-X pelo processo característico. Na produção característica, o electrão incidente (**a**) tem uma energia cinética superior à energia de ligação do electrão presente na camada K (**b**). Devido ao impacto, o electrão da camada K é ejectado dando lugar a uma lacuna. Esta lacuna é preenchida por um electrão da camada superior L devido à atracção ao núcleo que os electrões sofrem (**c**). A energia despendida desta transacção produz um raio-X Característico (**d**).

Para além de ter uma facilidade de transferência de dados e de transporte, a Radiologia digital permite ainda a manipulação da imagem de modo a melhorar a eficiência do diagnóstico. Mesmo que com isso não seja necessário o aumento da exposição à radiação por parte do paciente.

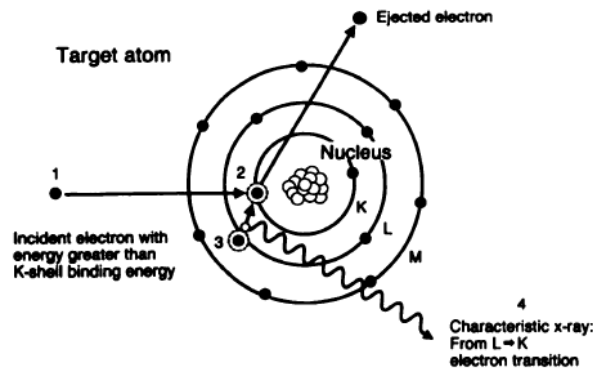


Fig. 4.3: Produção de raio-X pelo processo de raio-X Característico [41].

4.1.3 Interação da Radiação com a Matéria

Após ser gerada, a radiação interage com a matéria de diferentes formas. A forma como ocorre esta interação será responsável pela definição da qualidade da imagem de diagnóstico. Nas secções seguintes serão enunciadas as interações possíveis.

Efeito de Compton

Na Fig. 4.4 observa-se um exemplo do Efeito de Compton. Um fóton incidente com uma determinada energia, interage com um electrão da camada de valência de um átomo [37]. Esta interação provoca a ejeção do electrão e simultaneamente a emissão de um fóton de Compton.

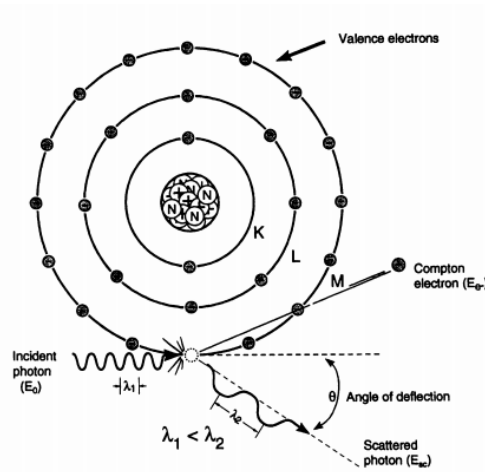


Fig. 4.4: Interação com a matéria por Efeito de Compton [43].

No efeito de Compton, o que é fundamental é que não cede toda a sua energia e neste caso o fóton do raio-X é desviado da sua trajetória. Nesta nova trajetória,

pode interagir com outros átomos e sofrer de novo um desvio [44]. Como a obtenção das imagens de raio-X depende da diferença de densidade entre as diversas estruturas, e do arranjo linear entre a fonte e o local de detecção (como a sombra de uma lâmpada), uma trajetória não rectilínea resulta num prejuízo na interpretação das diferenças de densidade [43].

Efeito Fotoeléctrico

O efeito fotoeléctrico ocorre quando um fotão de raio-X choca com um electrão da camada mais interna de um átomo e desloca-o. Com a perda do electrão, o átomo fica ionizado. Este efeito é representado na Fig. 4.5. Nesta situação toda a energia do fotão de raio-X é utilizada para deslocar o electrão. Este efeito é acentuado nos materiais muito densos, como por exemplo o chumbo, e depende do número atómico do elemento (na verdade, é proporcional ao cubo desse número).

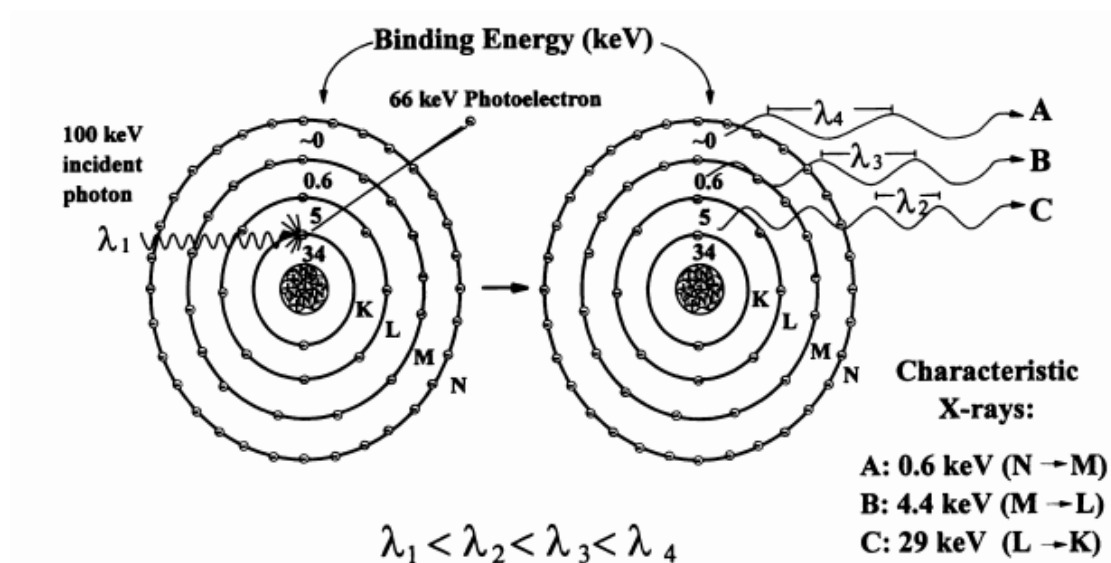


Fig. 4.5: Interação com a matéria pelo efeito Fotoeléctrico [43].

O electrão ejectado do átomo, denominado fotoelectrão, poderá perder a energia recebida do fotão, produzindo a ionização em outros átomos. A direcção de saída do fotoelectrão com relação à da incidência do fotão, varia com a energia deste. Quanto mais baixa a energia maior será o efeito fotoeléctrico. Portanto o efeito fotoeléctrico é inversamente proporcional ao comprimento de onda do raio-X.

Espalhamento de Rayleigh

Esta interacção ocorre quando a radiação interage com moléculas atmosféricas e outras partículas minúsculas que são muito menores em diâmetro do que o comprimento de onda da radiação. O efeito do espalhamento de Rayleigh é inversamente proporcional a quarta potência do comprimento de onda da radiação/fotão. Portanto, existe uma tendência mais forte a este tipo de espalhamento para os comprimentos de onda menores do que para os maiores. Na Fig. 4.6, está ilustrado o efeito denominado como espalhamento de Rayleigh.

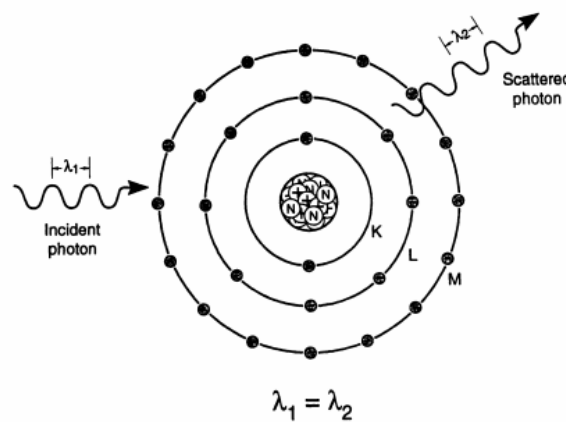


Fig. 4.6: Interação com a matéria por espalhamento de Rayleigh [43].

Produção de Pares

Este processo ocorre quando um fóton de energia muito elevada atravessa o campo eléctrico de um núcleo ou o campo dos electrões de um átomo.

A produção de pares consiste no desaparecimento do fóton incidente e na criação simultânea de um electrão negativo (e^-) e de um electrão positivo ou positrão (e^+), a antipartícula do electrão. O fenómeno constitui uma das provas mais convincentes da equivalência entre massa e energia, pois toda a energia do fóton incidente é transformada nas massas do electrão e do positrão e ainda nas respectivas energias cinéticas. Embora o positrão seja uma partícula estável, tem existência muito curta devido à grande abundância de electrões na matéria. O destino do positrão é a sua aniquilação devido ao desaparecimento de um par electrão - positrão com emissão de fótons gama altamente energéticos (Fig. 4.7).

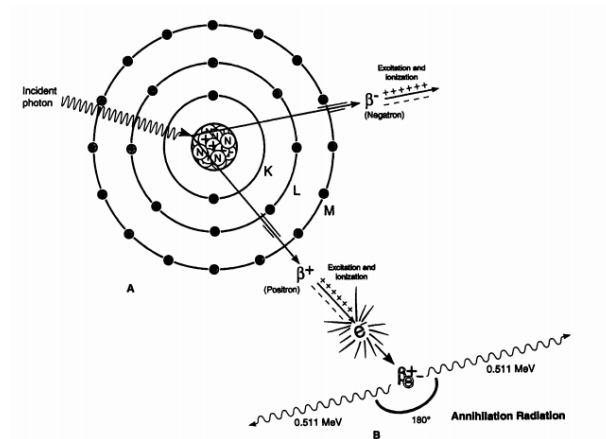


Fig. 4.7: Interação com a matéria por produção de pares [43].

4.2 Radiologia de Diagnóstico

O Diagnóstico é o tema da segunda categoria do RAPHEX®. Esta categoria é para os profissionais que pretende especializar-se em Radiologia de Diagnóstico, ou seja, em toda a Radiologia que se encarrega de produzir imagem com fim de detectar possíveis patologias. Para os diferentes diagnósticos existem diferentes modalidades médicas que serão apresentadas nas secções seguintes.

Actualmente, a imagiologia tem sido um complemento ao diagnóstico de extrema importância. Com o avanço das tecnologias, as técnicas de imagiologia tem sofrido uma revolução com um grande impacto em muitas áreas da medicina. As modalidades de imagem usadas comumente são:

- Radiologia Computorizada (CR)
- Tomografia Computorizada (CT)
- Ressonância Magnética (MR)
- Ultrassonografia (US)
- Tomografia por Emissão de Positrões (PET)

4.2.1 Radiologia Computorizada

A Radiologia Computorizada (CR), também denominada como Radiologia digital é o ramo do diagnóstico médico que emprega sistemas computacionais nos diversos métodos para a aquisição, transferência, armazenamento ou simplesmente

tratamento das imagens digitais. A partir dos modernos sistemas computacionais desenvolvidos em plataformas apropriadas de tratamento gráfico tornou-se possível uma gama de aplicações que vão, desde uma simples medida linear, até um complexo modelo de representação tridimensional. Os mecanismos de comunicação, transferência de arquivos e armazenamento de informações, possibilitou ainda o estabelecimento do trabalho em rede onde, equipamentos conectados entre si, passaram a trocar informações dos pacientes, de exames, de protocolos, ou simplesmente passaram a fazer armazenamento de imagens e documentação radiográfica em impressoras laser. O ambiente de rede comum nos serviços de diagnóstico por imagem é conhecido pela sigla RIS (Radiology Information System) [45, 46].

A CR é a modalidade de Radiologia mais utilizada para detecção de tumores ou nódulos. No caso do cancro do pulmão, graças à aquisição de imagens de raio-X pulmonar, é possível detectar precocemente os nódulos.

Dentro da CR, existe uma modalidade criada especialmente para um método de diagnóstico de um problema específico. A mamografia foi criada especialmente para diagnosticar o cancro da mama. A mamografia é um exame específico para estudo da mama que usa baixa dose de raios-X. As imagens da mama podem ser observadas em filme ou numa estação de trabalho para mamografia digital [47, 48, 49].

4.2.2 Mamografia Digital

A mamografia continua a ser o melhor meio de diagnóstico do cancro da mama [9, 10]. Devido aos requisitos especiais para o elevado contraste e resolução espacial exigidas na mamografia convencional, foram necessários mais anos para considerar a mamografia digital como ferramenta da rotina de diagnóstico. O progresso tecnológico que se faz sentir a nível do design do filme e do detector bem como no aumento da experiência do uso das técnicas informáticas aplicadas ao processamento de imagem médica, veio em tudo promover o desenvolvimento e utilização da mamografia digital [50].

A mamografia convencional foi talvez a tecnologia de rastreio do cancro da mama mais estudada nos últimos quarenta anos, sendo portanto uma das mais conhecidas no meio da Medicina. Desde o início da sua utilização que a mamografia convencional tem sido aperfeiçoada havendo assim uma melhoria contínua e significativa do modo de aquisição da imagem mamográfica. O avanço tecnológico tem permitido adquirir uma melhores imagens devido à criação de melhores filmes e ecrãs de visualização, melhores grelhas difusoras e melhores aparelhos. No entanto, todos estes

aperfeiçoamentos não são suficientes para conseguir detectar pequenas calcificações e alguns tipos de cancro havendo assim uma necessidade de aprimoramento para diminuir os falsos-positivos e os falsos-negativos. Actualmente, estamos numa Era da mamografia digital. Desta forma, a mamografia é feita com base em computadores desenhados especificamente para obtenção de imagens no formato digital. A imagem de mamográfica deve reunir critérios de qualidade muito exigentes [47, 51]:

1. Alta resolução espacial - Nitidez
2. Baixo ruído
3. Ausência de artefactos

A exactidão e precisão da mamografia digital são superiores aos filmes mamográficos em mulheres abaixo dos 50 anos, mulheres com densidade mamária elevada ou mulheres em pré-menopausa. Na Tab. 4.1 apresenta-se a comparação entre as duas técnicas.

Tab. 4.1: Comparação entre a mamografia convencional e a mamografia digital.

	Mamografia Convencional	Mamografia Digital
Tipo de Radiação	raio-X	raio-X
Captura de Imagem	Filme Radiográfico	Computador + receptor
Aquisição de Imagem	Imagem gravada em filme	Detector Electrónico
Impressão de Imagem	Película	Formato JPEG ou TIFF
Visualização de Imagem	Negatoscópio	Estação de Trabalho
Tempo de exposição	30min	milissegundos

Com a optimização da mamografia digital, proporcionaram-se inúmeros benefícios, como uma maior aquisição de dados por parte da emissão de raio-X para mamografia e o controlo de brilho e contraste, independentemente da quantidade ou características da exposição à radiação.

Exposição à Radiação

Conforme se pode verificar na Tab. 4.1, o tempo de exposição à radiação é significativamente menor numa mamografia digital. Muitas discussões foram originadas devido à ideia de que um tempo de exposição demorado, pode provocar um reaparecimento do cancro da mama ou mesmo a sua formação quando se trata de rastreios. As doses de radiação tipicamente usadas nas mamografias são baixas e

rondam os 3 mGy de 26-30kVp de baixa energia de raio-X. Uma questão que se levanta, é que estes raios-X de baixa energia podem acarretar mais riscos, por dose unitária, do que os de alta-energia (esta questão levanta-se com base nos estudos feitos no cálculo da estimativa de risco de radiação para a bomba atômica usada em Nagasaki e Hiroshima) [37, 52].

Muitas vezes, uma imagem obtida a partir de uma mamografia, permite visualizar um nódulo existente que ainda não é palpável, calcificações que ainda não se fizeram sentir ou mesmo células pré-cancerosas.

O termo densidade radiológica diz respeito a variação da capacidade de penetração dos raios-X em função das diferenças entre os tecidos do corpo. Assim, as partes de um órgão que tem a capacidade de absorver mais raios-X tem aparência mais clara que as partes que absorvem menos os raios-X [9]. Os tecidos fibrosos e glandulares têm densidades muito similares, ou seja, a absorção de radiação é muito semelhante. A grande diferença entre os tecidos constituintes da mama, é o facto de o tecido adiposo ser menos denso que os outros dois. Esta diferença de densidades fornece as escalas de cinzentos na radiografia [53, 54].

Essa escala de cinzentos na mama é decretada pelo padrão glandular da mama uma vez que este define qual o tecido mais abundante na mama e desta forma a dificuldade de compreender as estruturas e encontrar algum tipo de achado radiológico (quistos, adenomas, fibroadenomas ou calcificações).

Padrão glandular

O padrão glandular (PG) que a mama apresenta é um ponto importante no diagnóstico de uma patologia uma vez que quanto mais densa for a mama, ou seja, quanto maior for a quantidade relativa de tecido glandular, maior será a dificuldade de distinguir uma calcificação, um cancro ou um quisto. Desta forma, a composição do tecido mamário deve ser descrito segundo os seguintes pontos presentes na Tab. 4.2:

Os achados radiográficos são descritos como:

- Nódulos: qualquer opacidade com algum contorno arredondado e definido segundo a forma, os contornos e a densidade.
- Microcalcificações agrupadas: de acordo com sua morfologia e distribuição.
- Distorção focal de arquitetura: espiculações em uma região da mama ou uma retração focal do contorno parenquimatoso denso.

Tab. 4.2: Classificação do padrão glandular.

PG1	Mamas predominantemente adiposas (25% do componente fibroglandular). A mama possui na sua grande parte apenas tecido adiposo e uma pequena percentagem de tecido glandular.
PG2	Mamas parcialmente gordurosas (com densidades de tecido fibroglandular ocupando de 26% a 50% do volume da mama). Existem densidades dispersas de tecido fibroglandular dificultando ligeiramente a visualização de calcificações.
PG3	Mamas apresentam um padrão denso e heterogéneo (51% a 75% de tecido fibroglandular, dificultando a visibilidade de nódulos). O tecido mamário é heterogeneamente denso o que pode impedir a detecção de pequenos nódulos.
PG4	Mamas muito densas apresentando mais de 75% de tecido fibroglandular (diminuindo a sensibilidade da mamografia).

A nova edição da classificação BI-RADS® introduziu uma subdivisão na categoria 4, de acordo com o grau de suspeita (4A: suspeita leve; 4B: suspeita moderada; 4C: suspeita forte, porém não sendo a lesão típica de cancro).

A inclusão da categoria 6, que abrange os casos nos quais já foi realizada a biópsia com resultado maligno mas a lesão não foi totalmente retirada ou tratada por quimioterapia ou radioterapia. O sistema BI-RADS® tem sido efectivo na categorização e seguimento das lesões mamárias encontradas em métodos de imagem. A categoria 3, actualmente bem definida, e cujo valor preditivo positivo caiu de 2 para 0,4%, oferecendo segurança suficiente para médicos e pacientes, evitando biópsias desnecessárias, custos e complicações. Na Fig. 4.8 estão ilustrados diferentes achados radiográficos segundo esta classificação.

4.2.3 Tomografia Computadorizada

A Tomografia Computadorizada (CT) foi introduzida em 1972 e é conhecida pelo seu alto poder de diagnóstico. A CT é o primeiro método radiológico onde a imagem do paciente não é representada por diferentes graus de cinza. As imagens são formadas indiretamente através de um algoritmo de reconstrução baseado em projecções raios-X através do paciente em diferentes ângulos. Os principais parâmetros do CT são ajustados previamente: kV, mA, número de projecções, algoritmo, tempo de varrimento e espessura de corte [55, 56].

Uma imagem de CT é uma apresentação da anatomia de uma fatia fina do corpo desenvolvida por múltiplas medidas de absorção de raios-X feitas ao redor da periferia do corpo. A reconstrução da imagem final de CT pode ser realizada no

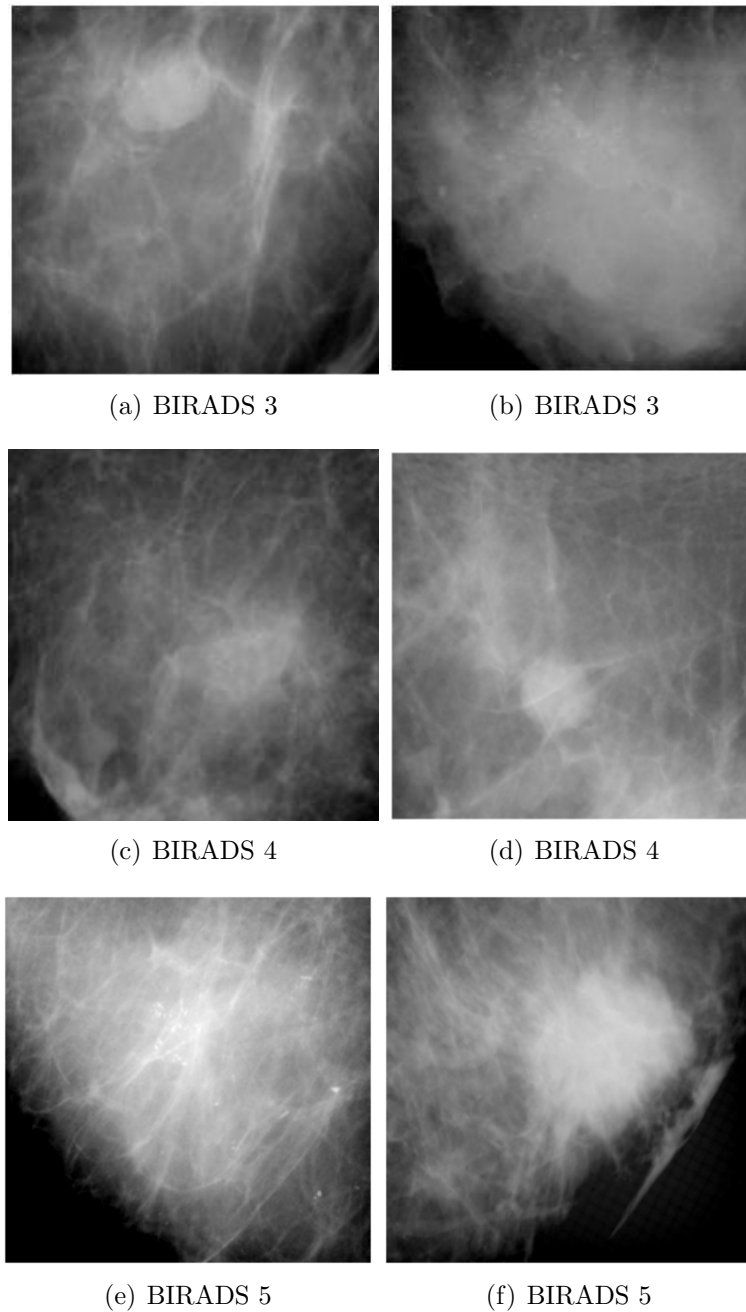


Fig. 4.8: Classificação de achados radiográficos segundo a classificação BI-RADS®: a) Fibroadenoma, b) Microcalcificações, c) Calcificação, d) Massa, e) Calcificação e f) Massa.

plano transaxial [57, 58].

Densidade dos Tecidos

Quando o feixe de raio-X atravessa o paciente, ele sofre menor ou maior atenuação, dependendo da constituição dos tecidos em que incide. Após a incidência, atinge os detectores no lado oposto do tubo. Estes detectores transformam as diversas intensidades de radiação em impulsos eléctricos de diferentes valores, os quais são transferidos para um computador. Quanto menor a atenuação da radiação pelo paciente, mais radiação irá incidir nos detectores e, conseqüentemente, maior o valor do impulso eléctrico gerado.

Em CR as estruturas ficam sobrepostas nas imagens. A natureza desta técnica imagiológica (projectão) é prejudicial ao contrário da CT uma vez que esta última consegue recuperar a tridimensionalidade através de coeficientes de atenuação. Os coeficientes de atenuação são expressos em cm^2/g . Nesta escala, é atribuído o valor 0 para a água e de -1000 para o ar e esses valores são representados na imagem por tons de cinza; a partir desses dois valores é que são obtidos os dos demais tecidos. Assim, quanto maior o grau de atenuação de uma determinada estrutura, mais branca ela irá aparecer na imagem e, quanto menor o seu efeito de atenuação, mais preta [59, 60]. Os valores de Hounsfield são calculados com base numa formula matemática:

$$HU = 1000 * (\mu - \mu^w) / \mu^w \quad (4.1)$$

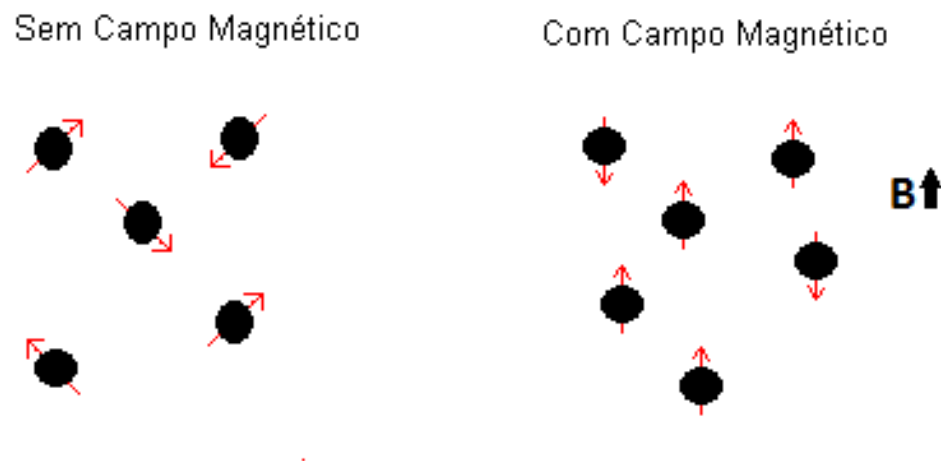
Como cada tecido tem uma densidade relativamente constante, a noção dos seus valores de referência facilita a interpretação das alterações. Os valores aproximados de alguns tecidos estão representados na Tab. 4.3.

4.2.4 Ressonância Magnética

A Ressonância Magnética (MR) é um método de diagnóstico que usa um campo magnético e ondas de radiofrequência que permitem a visualização dos órgãos internos do corpo humano. Durante o exame de MR o doente é exposto a três campos magnéticos diferentes: um campo estático, os campos produzidos pelos gradientes e os campos de radiofrequência pulsados. É um exame não invasivo, não doloroso e sem utilização de raio-X. A partir do momento em que foi aplicada à imagiologia médica, tornou-se o melhor método de imagem para o diagnóstico de muitas

Tab. 4.3: Valores de Hounsfield para os diferentes tecidos do corpo.

Tecido	Número CT (HU)
Ar	-1000
Pulmão	-900 a -400
Gordura	-300 a -50
Músculo	35 a 50
Sangue Coagulado	70 a 90
Calcificações	>100
Osso Esponjoso	130 a 250
Osso Cortical	>250
Metal	>3000

**Fig. 4.9:** Campo magnético a actuar sobre prótons alinhando-os.

doenças, em consequência da sua resolução e capacidade multiplanar, tendo vindo rapidamente a expandir [61, 62].

Quando incidem sobre o paciente, os pulsos de radiofrequência são direccionados somente a átomos de hidrogénio. Esta incidência faz com que os prótons absorvam a energia necessária para girarem numa frequência e direcção específicas (Fig. 4.9). Esta frequência, denominada frequência de Larmor, é calculada com base no tecido cuja imagem vai ser gerada e na intensidade do campo magnético principal.

Uma grande vantagem da RM é a sua capacidade de gerar imagens em qualquer plano. Um aparelho de RM consegue gerar imagens nos planos axial, sagital e coronal ou qualquer outro nível entre estes. As imagens obtidas possibilitam a detecção ou exclusão de diferentes patologias e a eventual caracterização das lesões visualizadas

[61, 63, 64].

Na mama a MR tem indicação para avaliar caso a caso como seja a determinação da extensão local das neoplasias, mostrando elevada sensibilidade na detecção de cancro da mama. Contudo, não substitui a mamografia. A MR é actualmente um método muito utilizado para avaliar roturas das próteses mamárias.

4.2.5 Ultrassonografia

O princípio que rege a utilização de ultrassons baseia-se na transmissão de uma vibração mecânica de um meio. Esta energia ultrassónica é transmitida sob a forma de onda por perturbação do equilíbrio do meio, provocando compressão e rarefacção desse meio. Após a transmissão do pulso e da interacção com o meio é transmitido um eco, cujas características permitem determinar a localização, tamanho, velocidade e textura deste material [65, 66]. Na área diagnóstica, os ultrassons utilizados situam-se na ordem dos MHz (MegaHertz).

Um pulso de ultrassom, quando emitido, sofre várias atenuações na sua propagação em diferentes meios, seja por difusão, reflexão ou absorção. Como a impedância acústica não apresenta muitas diferenças entre as partes moles, a reflexão (eco) originada por cada uma destas é de aproximadamente 1%, o suficiente para conter informação que permite a formação de imagem. Como a parte reflectida é muito baixa, o feixe acústico continua a sua propagação permitindo imagens de tecidos que distam da superfície entre 10 a 20 cm. Na formação da imagem, o equipamento regista o tempo gasto entre a emissão do pulso e a recepção do eco, multiplica por 1540 m/s (velocidade de propagação dos ultrassons nas partes moles) e divide o resultado por dois. Assim, quanto maior o tempo gasto para receber o eco, mais longe se encontra. Desta forma, quanto mais longe está a estrutura da superfície do transdutor, ela aparecerá em situação mais inferior na imagem. A apresentação da imagem é feita numa escala de cinzentos, onde os sinais de maior intensidade são representados a branco e a ausência de sinal a preto [67].

Relativamente ao cancro da mama, há lesões que não são detectáveis por ecografia, por exemplo, as microcalcificações que podem ser uma das formas de apresentação da neoplasia, raramente são vistas na ecografia e muito menos se podem caracterizar neste exame. A ecografia tem limitações maiores em mamas adiposas não sendo assim adequado para rastreio de cancro da mama.

Tomografia por Emissão de Positrões

Inicialmente, a tomografia por emissão de positrões (PET) era usada apenas como ferramenta de pesquisa o que se alterou à medida que os profissionais se foram apercebendo das capacidades desta técnica. O PET já é hoje utilizado como meio complementar de diagnóstico na área da oncologia. Capaz de permitir bons resultados, provou também a eficácia do radiofármaco 18-fluorodeoxiglicose (FDG) que em conjunto com a técnica de Medicina Nuclear obtém localizações precisas e volume do tumores. Nos Estados Unidos da América, O PET está aprovado para pulmão, linfoma, cólon e melanoma.

O principal papel do PET surgiu como um método confiável para avaliação e estadiamento da doença recorrente. No entanto, também tem um papel importante na diferenciação de tumores benignos e malignos primários. Isto foi mostrado particularmente no diagnóstico diferencial de nódulos pulmonares solitários. A sensibilidade e especificidade deste equipamento é bem visível nas imagens que adquire uma vez que se diferencia bem quais os locais onde os tumores se encontram [68]. O método de interação com a matéria presente neste tipo de exame é a produção de pares sendo assim utilizado o positrão emitido como exemplificado na Fig. 4.7.

4.3 Radiologia em Terapia

A Radiologia é usada para fins terapeuticos mais a nível de tratamento oncológico. Denominada como radioterapia é um tratamento no qual se utilizam radiações para destruir um tumor ou impedir que suas células aumentem. É um tratamento indolor e o paciente não sente nada. A radioterapia pode ser usada em combinação com a quimioterapia ou outros recursos usados no tratamento dos tumores.

O número de aplicações necessárias pode variar de acordo com a extensão e a localização do tumor, dos resultados dos exames e do estado de saúde do paciente. Para programar o tratamento, é utilizado um aparelho chamado simulador onde através de radiografias, o médico delimita a área a ser tratada. Para que a radiação atinja somente a região delimitada, em alguns casos pode ser feito um molde de gesso ou de plástico, para que o paciente se mantenha na mesma posição durante a aplicação [69].

Considerando a localização do tumor, a radioterapia pode ser feita de formas:

- Os aparelhos ficam afastados do paciente. É chamada *teleterapia* ou radioterapia externa.

- Os aparelhos ficam em contacto com o organismo do paciente. É chamada *braquiterapia* ou radioterapia de contato. Esse tipo é comumente usado no tratamento do cancro da mama [70].

4.4 RAPHEX® - Questões tipo

Nesta Secção são colocadas algumas questões do RAPHEX® relativas aos temas abordados ao longo deste Capítulo tendo as respostas às questões no Anexo A.

Q1	When an electron is removed from an atom, the atom is said to be:
a)	Radioactive
b)	Ionized
c)	Inert
d)	Excited
e)	Metastable

Q2	Which of the following statements about Compton interactions is true
a)	Compton electrons can be ejected in both the forward and backward direction
b)	Compton interactions have no effect on backscatter
c)	The most energetic Compton electrons are those ejected at angles close to 90 degrees of the photon's incidence angle
d)	A secondary photon scattered in the direction of the primary photon loses the most energy
e)	A secondary photon scattered at 180 degrees cannot have an energy greater than 256keV

Q3	Which of the following is not correct: the x-ray tube current is:
a)	used to heat the tube filament
b)	measured in milliamperes
c)	limited by the space charge effect
d)	defined as electrons moving from the filament to the anode
e)	caused by thermionic emission

Q4	In a diagnostic radiograph the process mostly responsible for a differential attenuation is:
a)	Coherent scatter
b)	Compton interaction
c)	Photoelectric interaction
d)	Pair production

Q5	In pair production, which of the following is true?
a)	The threshold energy for pair production is 0.51 MeV:
b)	An electron and a positron are produced.
c)	The total energy of the incident photon is divided between the kinetic energies of the pair of particles.
d)	Annihilation produces 1.02 MeV photons.
e)	The pair of particles is emitted in opposite directions.

Q6	A radiographic chest unit with a focused grid produces films with optical densities much lighter towards the edges. A possible cause is:
a)	Upside-down grid
b)	Lateral misalignment of the focal spot the grid center
c)	Poor film-screen contact
d)	Patient motion

Q7	In mammography, average glandular tissue dose depends on:
a)	Breast compression
b)	Breast thickness
c)	kVp
d)	mAs
e)	all of above

Q8	Calcifications are seen on mammograms primarily because of their:
a)	Atomic number
b)	Density
c)	Electrons/gram
d)	Size
e)	Location

Q9	CT or Hounsfield numbers are linearly related to:
a)	Mass density
b)	Electron density
c)	Linear attenuation coefficient
d)	Mass absorption coefficient
e)	Effective atomic number

Q10	In MR contrast is created by all of the following except:
a)	Differences in hydrogen content
b)	Differences in T1 time of tissues
c)	Differences in T2 time of tissues
d)	Administration of a contrast agent
e)	Differences in atomic number

Q11	The ultrasound propagation velocity through is at least twice the velocity of propagation through the other human tissues listed.
a)	Brain
b)	Fat
c)	Muscle
d)	Soft tissue
e)	Skull (bone)

Q12	All of the following are true statements about PET scanning, except:
a)	Radioisotopes are cyclotron produced
b)	Positrons are not detected directly
c)	Coincident detection at 180° is required
d)	Images are generally axial tomograms
e)	The detector photopeak is centered at 1.02MeV

Este tipo de questão de escolha múltipla deu o mote para a criação de uma aplicação. Esta aplicação, ao invés de apresentar as questões em papel, apresenta-as numa plataforma web que permite calcular automaticamente os resultados - o PHYSQuiz. No Capítulo seguinte, o PHYSQuiz será descrito bem como as suas principais funcionalidades.

Capítulo 5

Aplicação PHYSQuiz

O RAPHEX®, uma vez utilizado para a avaliação dos alunos de Radiologia, ao disponibilizar as suas questões, permitiu que muitas escolas utilizassem a ideia para avaliar os seus próprios alunos. Devido à insuficiência de aplicações de apoio à formação médica contínua, foi desenvolvido o PHYSQuiz. O PHYSQuiz é uma aplicação computacional que permite gerar quizzes aleatórios de questões relacionadas com Física Radiológica e avaliar de forma qualitativa os conhecimentos dos utilizadores. Esta aplicação permite avaliar não só a performance dos utilizadores mas também o grau de dificuldade das questões, quizzes e tópicos.

5.1 Conceptualização

O PHYSQuiz é o resultado de uma análise às necessidades das instituições de ensino. Devido à falta de aplicações que permitam conhecer não só as competências dos alunos mas também as falhas nas matérias leccionadas, foi criado o PHYSQuiz. De forma a melhorar a avaliação, a ideia principal do PHYSQuiz é tornar possível distinguir quais as matérias/tópicos e quais as questões onde os alunos mais erram.

Da mesma forma, o PHYSQuiz poderá substituir as questões do RAPHEX® por imagens de mamografia à semelhança do programa PERFORMS® descrito na Secção 3.2.1. A vantagem neste caso seria perceber quais os casos de mamografia com maior índice de falha por parte dos radiologistas e criar quizzes mais difíceis à medida que a formação vai sendo mais avançada.

5.2 Especificação

A base de dados (BD) desenvolvida para o PHYSQuiz vai conter questões pré-seleccionadas dentro do formato apresentado na Secção 4.4. A alimentação da base de dados PHYSQuiz (BD-PHYSQuiz) fica a cargo do *administrador*. A BD-PHYSQuiz será alimentada com:

- *Utilizadores* sendo definida a instituição a que pertence, o *grupo* a que pertence e as suas credenciais.
- *Questões* ou Imagens conforme o propósito para o qual for utilizada a aplicação.
- *Quizes* gerados com as questões ou imagens inseridas.

As questões inseridas na BD-PHYSQUIZ são extraídas directamente dos exames de RAPHEX® com a autorização da comissão organizadora dos exames. No entanto, existe um campo na BD-PHYSQuiz que permite agrupar as *questões* por *tópicos*. Estes tópicos são organizados pelas modalidades médicas descritas na Secção 4.2 no Capítulo 4. Desta forma, os tópicos são:

- MR - Ressonância Magnética;
- CT - Tomografia Computorizada;
- US - Ultrassonografia;
- MM - Mamografia;
- CR - Radiografia Computorizada;
- PET - Tomografia por Emissão de Positrões.

Os quizes são gerados apenas após a validação dos dados inseridos na BD-PHYSQuiz (enunciados, respostas ou imagens). A geração de quizes é feita aleatoriamente podendo seleccionar dentro dos diferentes tipos de tópicos, o número de questões/imagens e os destinatários do quiz.

5.2.1 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso é uma técnica para a especificar os requisitos de uma aplicação a desenhar. Desta forma, os benefícios do diagrama de casos de uso é o facto de apoiar o processo de obtenção dos requisitos do sistema, permitir o aumento do grau de rastreabilidade para a seguinte fase do processo de desenvolvimento do software e fornecer formas de validação dos requisitos. Os elementos que constituíntes são:

- **Actores:** Um actor é alguém interage com a aplicação que está a ser desenvolvida. Outra possível definição, indica que um actor é um papel que um utilizador pode ter perante o sistema. Isto não invalida que um utilizador não possa ter vários papéis. Na especificação dos requisitos é preferível começar por identificar os actores, para seguidamente identificar os Casos de Uso.
- **Casos de Uso:** Casos de uso são as acções que devem suceder quando um actor interage com o sistema e que permite ao mesmo atingir o seu objectivo. Assim, cada caso de uso é uma sequência de possíveis acções realizadas por um actor e o sistema numa determinada altura. Por um lado, os casos de uso devem ser definidos para representar os objectivos do actor, e por outro lado, o caso de uso deve representar as funções ou comportamentos do sistema que representa a interacção com o actor.
- **Relações:** Os casos de uso são úteis para apoiar o processo de engenharia de requisitos, desde a fase de análise até ao planeamento de projectos pretendendo representar potenciais requisitos das entidades externas que interagem com o sistema.

Na Fig. 5.1 visualiza-se o diagrama de casos de uso para o PHYSQuiz. Existem apenas quatro acontecimentos independentes.

Validação de Dados

A validação dos dados pode ser realizada por dois utilizadores distintos: *administrador* e *expert*. Isto deve-se ao facto de o expert poder ser suprimido da aplicação, nesse caso o *administrador* assume as suas funções. Esta validação passa por verificar se todas respostas tanto às questões como à classificação das imagens está correcta.

Elaboração de Quizes

Os utilizadores respondem aos quizes que o *administrador* lhes disponibiliza. Após abrir uma sessão, fica automaticamente aberta e se não pretender termina-la ficará assim até ser fechada. Após ser submetido o quiz, surgirá a percentagem obtida.

Estatísticas

As estatísticas são geradas com base nos resultados dos quizes submetidos. O *administrador* tem acesso a estas estatísticas de forma geral e individual. Já os utilizadores podem visualizar só as suas próprias estatísticas.



Fig. 5.1: Diagrama de Casos de Uso

5.2.2 Modelo Entidade-Relação

A BD-PHYSQuiz desenhada tem a vantagem de ser flexível a ponto de conseguir armazenar correctamente casos e questões. Na Fig. 5.2 está representado o modelo relacional da BD-PHYSQuiz. O modelo relacional serve para visualizar facilmente as relações entre as tabelas existentes numa base de dados [71, 72].

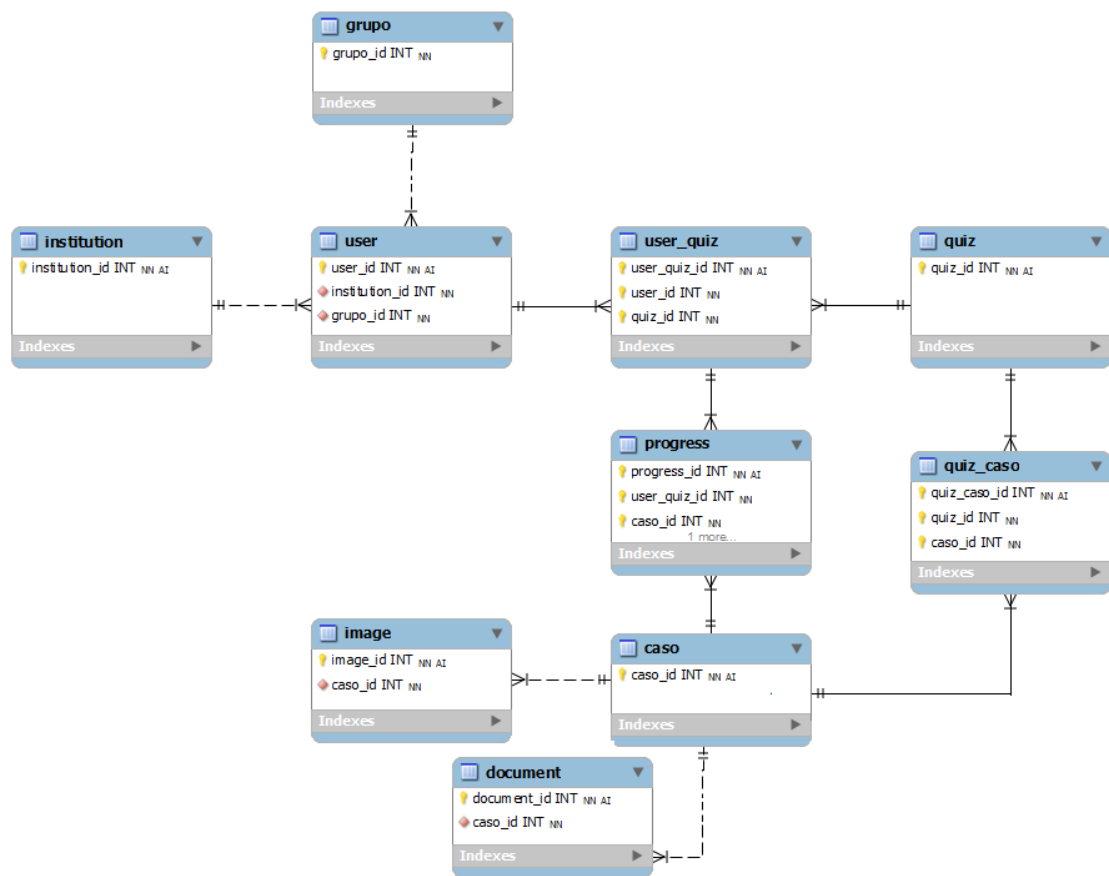


Fig. 5.2: Modelo entidade-relação da base de dados da aplicação PHYSQuiz.

Tabela *Institution*

Na tabela '**institution**' serão registadas as instituições às quais pertencem os utilizadores. Esta tabela conta com campos que permitem armazenar toda a informação relevante necessária sobre as instituições. A nível de relações entre tabelas, a tabela '**institution**' está relacionada apenas com a tabela '**user**' uma vez que a instituição constitui um atributo do utilizador. O campo que permite estabelecer essa relação é o *institution_id*.

Tabela *Grupo*

Em PHYSQuiz, a tabela apresenta os grupos de utilizadores, o que possibilita fazer uma distinção entre os utilizadores da aplicação relativamente à sua experiência. Este campo armazena a descrição dos grupos e à semelhança da tabela '**institution**', relaciona-se apenas com a tabela '**user**' sendo assim um atributo do utilizador.

Esta tabela apresenta grupos que subdividem os alunos pelas disciplinas em que a Física Radiológica foi leccionada:

- 'none': a este grupo pertencem alunos do primeiro ano que nunca tiveram contacto com a disciplina.
- 'experience by 1 year': a este grupo pertencem alunos que apenas tiveram leccionada uma disciplina com conteúdos de Física Radiológica.
- 'experience up to 2 years': a este grupo pertencem alunos que têm mais do que duas cadeiras com conteúdos de Física Radiológica.

Tabela *User*

O preenchimento das tabelas '**grupo**' e '**institution**', torna possível o preenchimento completo dos atributos do utilizador. O campo que identifica o utilizador é o *user_id* e é único para cada utilizador. A autenticação na aplicação é feita com base nesta tabela uma vez que agrupa os campos *Username* e *Password* bem como o campo '*Role*' que define o tipo de utilizador. Finalizado o preenchimento os utilizadores da aplicação, o *administrador* deve passar à inserção dos dados que permitirão popular os quizes. Desta forma, tanto pode popular a base de dados com imagens como com questões. Assim, a base de dados pode ser subdividida pelas aplicações:

Tabela *Caso*

Na tabela '**caso**', serão inseridos dados na aplicação tais como:

- Questões: enunciados das questões usadas para os quizzes (Secção 4.4).
- Imagens: por exemplo, uma série de quatro mamogramas (Fig. 2.4) ou radiogramas (Fig. 2.8) para cada caso.

O campo *caso_id* será utilizado como correspondência sempre que necessário relacionar um caso com outro elemento de outra tabela.

Tabela *Image*

No caso da aplicação incluir imagens tais como mamogramas ou radiogramas, a tabela '**image**' armazenará essas séries correspondentes a cada caso. Quando se trata da aplicação com questões, poderá ou não haver uma imagem associada a uma questão pelo que o campo *caso_id* estará sempre presente nesta tabela. A identificação das imagens é através do campo *image_id*.

Tabela *Quiz*

Esta tabela tem definido o nome do quiz e o seu tipo. O campo *quiz_id* será a identificação do quiz que será necessário na tabela que fará a correspondência entre o quiz e as questões ou casos associados.

Tabela *Quiz_Caso*

Esta tabela relaciona os quizzes com os casos. Ou seja, a cada quiz corresponderão N casos. O campo *quiz_caso_id* será responsável pela relação entre os quizzes com os casos. Esta tabela é de extrema importância uma vez que é aqui que se formam os quizzes.

Tabela *User_Quiz*

Esta tabela fará a gestão dos utilizadores que realizarão os quizzes. Conta com campos de outras tabelas como o id do utilizador e a identificação do quiz. O campo *user_quiz_id* será responsável por relacionar os users com os quizzes.

Tab. 5.1: Código de Cores utilizado no PHYSQuiz.

	Lista de Users.	Preto
	User Seleccionado.	Azul
	Lista de Casos ou Questões.	Preto
	Caso ou Questão Seleccionado.	Azul
	Lista de Quizes.	Preto
	Quiz Disponível.	Verde
	Quiz Aberto.	Laranja
	Quiz Fechado.	Vermelho
	Sessão Disponível.	Verde
	Sessão Aberta.	Laranja
	Sessão Terminada.	Vermelho

Tabela *Progress*

Esta tabela será a tabela que guarda as respostas dos utilizadores e posteriormente será comparada com a classificação-chave que contém as respostas correctas tanto às questões como à validação dos mamogramas ou radiogramas.

5.2.3 Código de Cores

De forma a facilitar a compreensão e visualização no PHYSQuiz, foi criado um código de cores que permite a cada utilizador compreender em que estado se encontram as suas sessões e os quizes. Foram também atribuídas formas diferentes aos ícones permitindo assim que cada componente (questões, utilizadores, quizes e sessões) tenham uma forma diferente. A Tab. 5.1 demonstra os ícones e o que representam na aplicação.

5.2.4 Utilizadores do PHYSQuiz

O PHYSQuiz está preparado para três tipos diferentes de utilizadores. Estes tipos concedem privilégios diferentes aos utilizadores e acessos a diferentes partes e funcionalidades da aplicação.

A validação de login na aplicação é feita na tabela **'user'** com base no campo

Username e *Password*. Após esta validação é procurado o campo *Role* e assim gerir as permissões.

```
$qry="SELECT * FROM user WHERE Username='$login '
AND Password='$password '";
$result=mysql_query($qry);
$row=mysql_num_rows($result)
if($_SESSION['SESS_USER_ROLE'] == 'admin')
{
    header("location: admin.php");
}
elseif($_SESSION['SESS_USER_ROLE'] == 'expert')
{
    header("location: expert.php");
}
elseif($_SESSION['SESS_USER_ROLE'] == 'user')
{
    header("location: user.php");
}
exit();
}
else
{
    header("location: index.html");
    exit();
}
```

No excerto de código está exemplificado como se processa internamente a autenticação na aplicação. Após isto, cada utilizador tem funções diferentes:

Role - Admin

O utilizador com *Role admin* será o *administrador* do sistema e terá o maior número de permissões dentro da aplicação. Este utilizador tem a permissão de inserir e visualizar dados na aplicação. Como exemplo verifica-se as acções sobre os dados na base de dados:

```
Inserção :
INSERT INTO user (campos) VALUES (valores);
```

Visualização

```
SELECT * FROM user WHERE user_id= X ;
```

Actualização

```
UPDATE caso SET Comments = comments WHERE caso_id = x;
```

Role - Expert

A **Role expert**, é usado apenas quando se trata da aplicação com uma imagens sendo esta personagem que valida as imagens e as suas classificações. O **expert** tem apenas a acção de actualizar e visualizar dados na aplicação.

Role - User

O utilizador *user* é aquele que responde aos quizzes e visualiza os seus próprios resultados. A sua utilização da aplicação resume-se às sessões que lhe estão atribuídas.

5.3 Implementação da Base de Dados

A aplicação foi desenvolvida em ambiente web para que fosse possível o acesso aos quizzes por todos os utilizadores a partir de qualquer local. O projecto foi desenvolvido em PHP e complementado com outras linguagens de programação web como o HTML, CSS e o Javascript. Para ser desenvolvido, o projecto necessitou de um webserver e uma base de dados. Para testes de desenvolvimento, foi instalado um servidor virtual denominado XAMPP. Este servidor tem no nome todos os módulos que possui: Apache, MySQL, PHP e Perl. O X simboliza todos os sistemas operativos uma vez que funciona com qualquer um deles.

Terminados os testes pelos browsers, foram escolhidos os melhores materiais de trabalho:

- Web Server: XAMPP;
- Base de dados: MySQL 5.5.13;
- Sistema Operativo: Windows 7 Professional;
- Browser: Firefox 9.0.1;

A nível de hardware, a aplicação foi desenvolvida num computador portátil com as seguintes características:

- Modelo: Samsung NP300 V3A;
- Processador: Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30Hz;

5.4 Funcionalidades da Aplicação

Para aceder ao PHYSQuiz, é necessário efectuar a autenticação com recurso a username e password. Correspondendo às credenciais correctas, a aplicação distingue o tipo de utilizador que está a autenticar mostrando diferentes funcionalidades conforme as permissões.

A aplicação não funcionaria de forma segura se os utilizadores ao retroceder conseguissem entrar e sair sem ter que inserir as credenciais novamente. Assim, com o apoio das funções nativas do PHP foi utilizada uma função que `session_start()` e a função `session_destroy()`. Estas funções asseguram que quando se usa a aplicação, fez-se autenticação. No início de cada ficheiro da aplicação e quando efectuado o logout temos o código:

- Início de Sessão:

```
session_start();  
$sess_user_id = $_SESSION[ 'SESS_USER_ID' ];  
$sess_user_role = $_SESSION[ 'SESS_USER_ROLE' ];
```

- Fim de Sessão:

```
session_destroy();
```

5.4.1 Funções de *Administrador*

A principal função do *administrador* é inserir dados na base de dados. Como tal, a aplicação disponibiliza essas ferramentas de forma a facilitar esse processo. Na Fig. 5.3 visualiza-se os formulários de inserção para:

- Instituições

- Grupos
- Quizes
- Utilizadores
- Questões

O *administrador*, ao autenticar-se, tem de imediato a lista de *users*. Na Fig. 5.4 é apresentada a página de entrada do *administrador* com a referida lista. A listagem está refinada aos *users* uma vez que apenas estes tem sessões criadas para a realização dos quizes. Nesta página, o *administrador* tem acesso a um panorama geral dos utilizadores percebendo quantos já terminaram os quizes, quantos já iniciaram e quantos nem sequer abriram o quiz.

Cada ícone presente na tabela, conduz o *administrador* a visualizar toda a informação relativa tanto aos quizes como aos utilizadores seguindo o código de cores mencionado na Secção 5.2.3.

Informação de um Utilizador

O link abaixo da coluna **UID** (Fig. 5.4) encaminha o *administrador* para uma página onde visualiza toda a informação referente a um utilizador. O algarismo expresso nesse link é o `user_id`.

Sempre que existe mais do que uma sessão fechada, são mostradas estatísticas do utilizador juntamente com um gráfico que simplifica a visualização das percentagens obtidas. A listagem de sessões apresentadas nesta página refere-se a todas as sessões permitidas para este utilizador qualquer que seja a condição do quiz (disponível, aberto ou submetido). Concluindo, a página mostrada na Fig. 5.5 é a identificação completa de um único utilizador bem como de todas as suas acções uma vez que mostra ao *administrador* qual o estado de todas as suas sessões.

Sessões Disponíveis

Na Fig. 5.5 visualiza-se a coluna **Session Status** onde o ícone da sessão assume a cor conforme o estado como mencionado no código de cores da Tab. 5.1. A sessão em estado disponível, assume uma cor **verde** e ao clicar sobre o ícone, o *administrador* é encaminhado para uma página onde visualiza todas as sessões disponíveis para o utilizador seleccionado. Desta forma, as sessões não foram ainda iniciadas, não existe estatística nenhuma pelo que aparece apenas a informação do utilizador e a tabela com os quizes por responder (Fig. 5.6).

New Institution

Code	Name	Department
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> 





(a)

New Group

Description	New
<input type="text"/>	






(b)

New Quiz

Quiz	Type	Questions	Topic	Users	Difficulty
<input type="text"/>	Training 	<input type="text"/>	All 	All 	None 













(c)

Insert User

FirstName:
 Lastname:
 Role*: 
 Group*: 
 Title*: 
 Institution*: 
 Username:
 Password:
 Email:
 Phone:


(d)

Question

Ref.:
 Type*: 
 Topic*: 
 Enunciado:

 
 
 
 


(e)

Fig. 5.3: Alimentação da base de dados por parte do *administrador* a) Instituições b) Grupos c) Quizes d) Utilizadores e e) Questões

List of All Users

[+ Add User](#) [Statistics](#)

<u>UID</u> <u>User Name</u>	<u>Group</u>	<u>LIST QUIZES</u>	<u>SESSION</u>	<u>Status</u>
45 user 2	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
46 user 3	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
47 user 4	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
48 user 5	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
49 user 6	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
50 user 7	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
51 user 8	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
52 user 9	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
53 user 10	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
54 user 11	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
55 user 12	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
56 user 13	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
57 user 14	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
58 user 15	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
59 user 16	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
60 user 17	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
61 user 18	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
62 user 19	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
63 user 20	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)
64 user 21	Experience 1year	(2)	(1)	- (1)

Fig. 5.4: Lista de utilizadores com panorama geral das respectivas sessões. Esta vista é exclusiva do utilizador *administrador*.

User Info

UID	Title	User	Group	Institution
<u>3</u>	BSc	Joana Araujo	experience 2years	ISEP

List Quizes of User '3'

QID	Title	Type	Level	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	USER GRADE
<u>1</u>	Quiz 1	Training	76%	●	.	76%	100%
<u>2</u>	Quiz 2	Testing	43%	●	76%	.	.

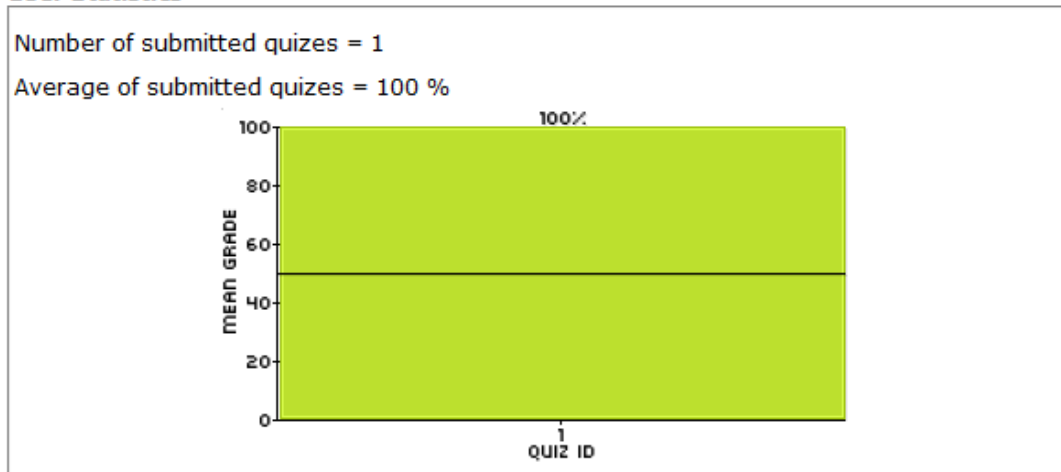
User Statistics

Fig. 5.5: Informação completa sobre um utilizador escolhido pelo utilizador *administrador*.

User Info

UID	Title	User	Group	Institution
<u>3</u>	BSc	Joana Araujo	experience 2years	ISEP

List Quizes of User '3'

QID	Title	Type	Level	SESSION Status	USER Progress	USER Perform
<u>1</u>	Quiz 1	Training	76%	●	76%	.

Fig. 5.6: Informação sobre as sessões disponíveis sobre um utilizador escolhido pelo Administrador.

User Info

UID	Title	User	Group	Institution
<u>3</u>	BSc	Joana Araujo	experience 2years	ISEP

List Quizes of User '3'



QID	Title	Type	Level	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	Admin Decision
<u>2</u>	Quiz 2	Testing	43%			.	Submit

Fig. 5.7: Informação sobre as sessões abertas sobre um utilizador escolhido pelo Administrador.

Sessões Abertas

No caso de o ícone, em **Session Status**, assumir uma cor **laranja**, significa que a sessão já foi aberta pelo utilizador escolhido. Clicando, o *administrador* será encaminhado para um página onde visualiza todas as sessões abertas. Uma vez abertas a sessão, podem ou não já existir questões com respostas inseridas pelo que ainda não é possível extrair qualquer tipo de informação. Mais uma vez, apenas se encontra no painel a informação sobre o utilizador seleccionado e a informação da sessão (Fig. 5.7).

Neste caso em que a sessão já se encontra aberta, o *administrador* pode consultar o progresso do utilizador clicando sobre o ícone presente na coluna indicada como **User Progress** (mais uma vez o ícone assume a cor **laranja**). Assim visualizará as respostas já dadas pelo utilizador e aquelas que ainda faltam responder.

No caso do utilizador exceder o tempo de teste ou deixar a sessão aberta por algum motivo, o *administrador* terá a possibilidade de a encerrar. Na Fig. 5.7 visualiza-se no final a coluna: **Admin Decision**. No link **Submit** o *administrador* termina a sessão do utilizador que passa automaticamente ao estado fechada e o quiz passa ao estado submetido.

Sessões Fechadas

Por último, quando em **Session Status**, o ícone assume a cor **vermelha** indica que a sessão já foi fechada. Este ícone encaminha o *administrador* para um página onde visualiza todas as sessões fechadas para o utilizador seleccionado. Uma vez

User Info

UID	Title	User	Group	Institution
<u>3</u>	BSc	Joana Araujo	experience 2years	ISEP

List Quizes of User '3'

QID	Title	Type	Level	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	USER GRADE
<u>1</u>	Quiz 1	Training	76%	●	.	↗	100%
<u>2</u>	Quiz 2	Testing	57%	●	.	↗	87%

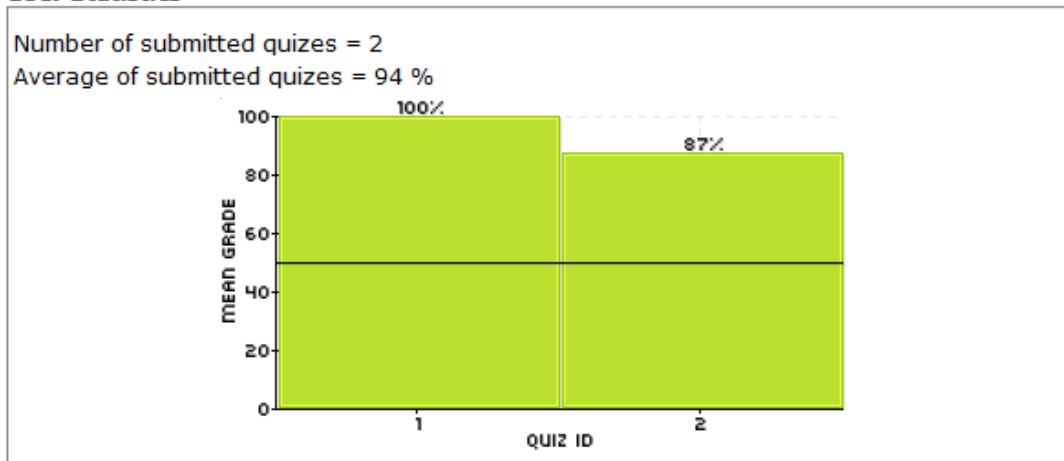
User Statistics

Fig. 5.8: Informação sobre as sessões fechadas sobre um utilizador escolhido pelo *administrador*.

fechadas, significa que os quizzes já foram submetidos e as classificações calculadas. O *administrador* tem acesso à informação dos utilizadores, à tabela com os quizzes submetidos e às respectivas classificações (Fig. 5.8).

Na tabela presente na Fig. 5.8 são visíveis os quizzes submetidos. Neste caso, o *administrador* pode consultar a performance do utilizador clicando sobre o ícone presente na coluna **USER Perform**. Assim visualizará as respostas dadas pelo utilizador e a respectiva classificação do quiz.

A Fig. 5.9 mostra a performance de um dado utilizador para um dado quiz. Nesta página visualiza-se a identificação do utilizador, a identificação do quiz, as estatísticas e o quiz já respondido. As estatísticas da sessão mostram qual a cotação

obtida no total, quantas questões tem o quiz e quantas questões ficaram por responder. Relativamente à informação do quiz, mostra quais as questões que compõe o quiz, quais as opções às questões, quais as respostas dadas pelo utilizador, quais as respostas correctas e a cotação.

Listagem de Quizes

A partir do link situado lateralmente **Quizes**, o *administrador* visualiza a lista de quizes que tem disponíveis para os utilizadores. Na Fig. 5.10 observa-se a lista de quizes e as suas características.

Existe também um conjunto de ícones que correspondem a links que conduzem o *administrador* a outros dados referentes ao quiz como descritos na tabela da secção 5.2.3.

Informação sobre Quiz

Na Fig. 5.10, visualiza-se a listagem de quizes e na coluna **QID** o *administrador* encontra o *quiz_id* que lhe permite, ao clicar, aceder a toda a informação referente ao mesmo. A Fig. 5.11 ilustra essa informação detalhada, ou seja, estatísticas de questões e utilizadores. Esta será uma página importante e com grande volume de informação uma vez que aqui o *administrador* pode tirar várias conclusões relativas aos quizes, questões e utilizadores.

A página ilustrada na Fig. 5.11 detalha informação sobre um quiz acima referida. A página revela então:

- Informação Sobre o Quiz: Esta informação mostra ao *administrador* que tipo de quiz se trata e o seu título e o nível do quiz já que são classificados por nível de dificuldade. Nesta tabela surge também a média obtida por todos os utilizadores que já submeteram o quiz permitindo já neste momento ao *administrador* saber se o grupo de Utilizadores foi ou não bem sucedido.
- Estatísticas por Utilizadores associados: Esta informação revela o comportamento dos Utilizadores que submeteram os quizes revelando quantos utilizadores obtiveram valores de 0 a 100% por patamares de 10. Aqui o *administrador* percebe quantos utilizadores obtiveram nota positiva, quantos obtiveram negativa e tem uma perspectiva geral da distribuição de notas pelo total de




User Info

 User	Group	Start	Submitted	Elapsed
3 Joana Araujo	experience 2years	2012-09-25 19:20:15	2012-09-25 19:21:54	00:01:39



Session Statistic

Number of Questions = 5
 Answered questions = 5
 Unanswered questions = 0

Quiz Info

 Quiz	Type	Level	List Users	List Questions	Mean Grade
<u>1</u> Quiz 1	Training	76%			40%

Q1

	User Answer	Correct Answer
A CT in helical mode with collimation of 5 mm and pitch of 1 is compared to axial mode with 5 mm collimation. The measured slice width will be:		
No larger than 5 mm in either mode.		
The same for both modes.		
Smaller in the helical mode.		
Larger in the helical mode.		

Q2

	User Answer	Correct Answer
In ultrasound, the largest reflections will occur between:		
Liver and muscle.		

Fig. 5.9: Informação sobre o performance de um utilizador escolhido pelo *administrador*. Esta imagem mostra apenas o início do quiz com a questão Q1 simbolicamente.

List of All Quizes






QID	Title	Type	List Users	List Questions	Mean Grade	Difficulty
<u>1</u>	Quiz 1	Training			26%	60%
<u>2</u>	Quiz 2	Testing			44%	55%
<u>3</u>	PIMED 2011 - Teste 1	Testing			59%	41%

Fig. 5.10: Listagem de Quizes disponíveis para os utilizadores.

Quiz Info

Quiz	Type	Level	List Users	List Questions	Mean Grade
<u>2</u> Quiz 2	Testing	1	■	▲	43%

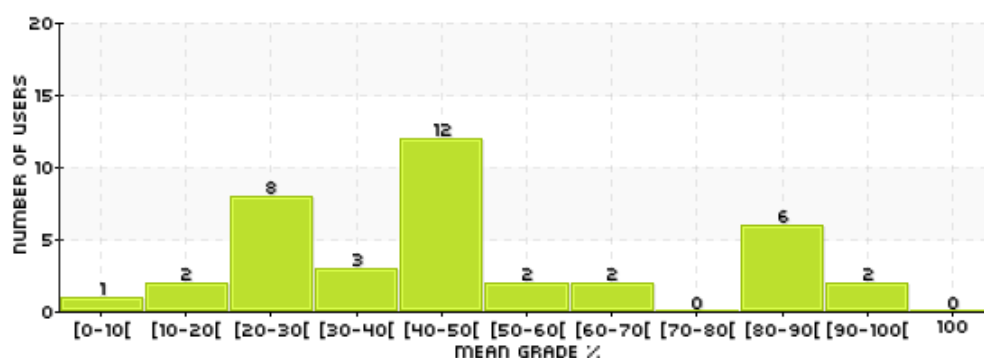
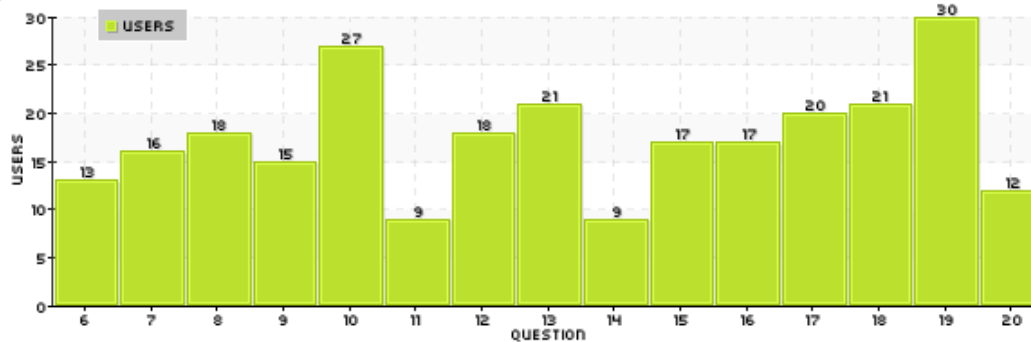
Users Statistics of Quiz '2'**Users List****Statistics of Quiz '2'****Questions List**

Fig. 5.11: Informação completa sobre um quiz com toda a informação estatística associada. O *administrador* visualiza duas estatísticas essenciais relativas ao número de utilizadores que acerta em cada questão e o número de utilizadores por cotação.

utilizadores que realizam o quiz. Na base do gráfico, o *administrador* encontra um link que o conduz à listagem dos utilizadores inscritos no quiz. Este link assinalado como **User List** abre uma nova página (Fig. 5.12) com esta informação.

Na página ilustrada na Fig. 5.12 o *administrador* pode submeter os quizzes e fechar, ele mesmo, todas as sessões. No final da listagem, tem um botão que lhe permite realizar essa acção. Uma vez que se trata de uma acção irreversível, clicando no botão **Submit** surge no ecrã uma mensagem de confirmação de submissão (Fig. 5.13).

De seguida, todas as sessões dos utilizadores que estiverem abertas são fechadas e os quizzes submetidos (Fig. 5.14). Aqueles que estavam abertos e com respostas já inseridas são contabilizadas e obtêm a cotação equivalente. Os que estavam ainda por responder e abrir as sessões ficam com a cotação a 0.

- Estatística por Questão: Esta informação revela ao *administrador* quantos utilizadores acertaram em cada questão do quiz permitindo assim visualizar qual a questão mais acertada pelos utilizadores e a menos acertada. Aqui o *administrador* pode concluir se existe alguma questão de maior dificuldade e tratá-la com base na classificação atribuída automaticamente relativa ao seu nível de dificuldade.

Na base do gráfico, o *administrador* encontra um link que o conduz à listagem de questões associados ao quiz. Este link assinalado como **Questions List** abre uma nova página (Fig. 5.15).

No link que permite ao *administrador* visualizar as questões **Questions** surge a página com a listagem de todas as questões. Na Fig. 5.16 visualiza-se a listagem de questões existentes na base de dados bem como as características e estatísticas associadas a cada questão.

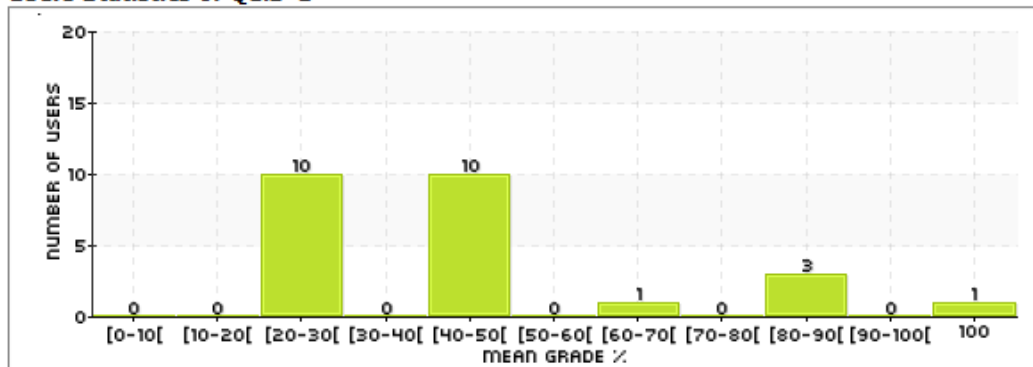
5.4.2 Funções do *User*

O *user* autentica-se e tem acesso apenas à informação associada ao seu id. Na Fig. 5.17 visualiza-se a tabela disponível para o *user* onde na coluna **Session Status** mostra que o quiz ainda está disponível e na coluna **User Progress**, a verde, o utilizador tem o ícone que o conduz ao quiz.

Quiz Info

Quiz	Type	Level	List Users	List Questions	Mean Grade
<u>1</u> Quiz 1	Training	24%	■	▲	40%

Users Statistics of Quiz '1'

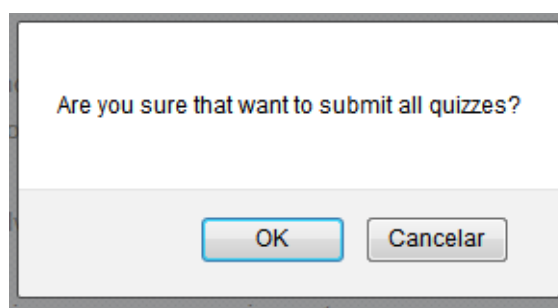


List of All Users

Statistics

UID	User Name	Group	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	USER GRADE
<u>3</u>	user 1	Experience 1year	-	-	✓	100%
<u>5</u>	user 2	Experience 1year	-	-	✓	40%
<u>7</u>	user 3	Experience 1year	-	-	✓	60%
<u>8</u>	user 4	Experience 1year	-	-	✓	80%
<u>9</u>	user 5	Experience 1year	-	-	✓	40%
<u>10</u>	user 6	Experience 1year	-	-	✓	40%
<u>11</u>	user 7	Experience 1year	-	-	✓	40%

Fig. 5.12: Lista de Utilizadores de um quiz.

Fig. 5.13: Encerramento de todas as sessões por parte do *administrador*. A partir deste momento, todos os resultados passam a ser contabilizados nos resultados.

List of All Users			Statistics			
UID	User Name	Group	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	USER GRADE
44	user 1	Experience 1year	-	-		32%
45	user 2	Experience 1year	-	-		54%
46	user 3	Experience 1year	-	-		16%
47	user 4	Experience 1year	-	-		100%
48	user 5	Experience 1year	-	-		44%
49	user 6	Experience 1year	-	-		62%
50	user 7	Experience 1year	-	-		90%
51	user 8	Experience 1year	-	-		92%
52	user 9	Experience 1year	-	-		64%
53	user 10	Experience 1year	-	-		74%
54	user 11	Experience 1year	-	-		42%
55	user 12	Experience 1year	-	-		34%
56	user 13	Experience 1year	-	-		50%
57	user 14	Experience 1year	-	-		38%
58	user 15	Experience 1year	-	-		46%
59	user 16	Experience 1year	-	-		82%
60	user 17	Experience 1year	-	-		90%
61	user 18	Experience 1year	-	-		68%
62	user 19	Experience 1year	-	-		52%
63	user 20	Experience 1year	-	-		34%
64	user 21	Experience 1year	-	-		84%

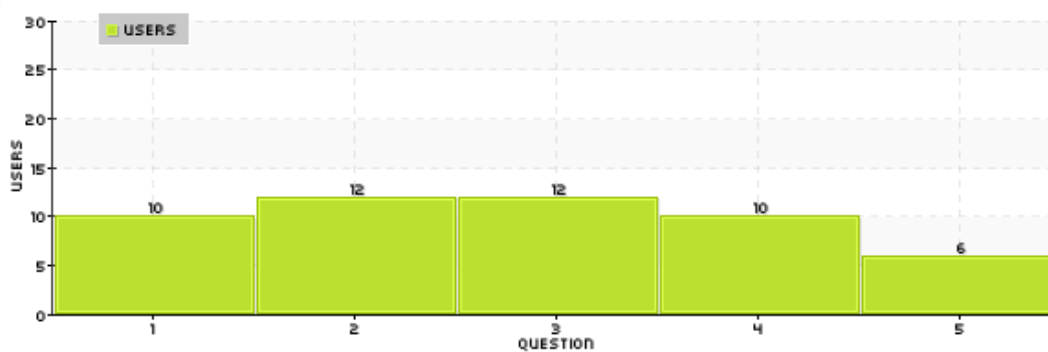
[SUBMIT](#)

Fig. 5.14: Lista de Utilizadores com a sessão terminada pelo *administrador*.

Quiz Info

	Quiz	Type	Level	List Users	List Questions	Mean Grade
<u>1</u>	Quiz 1	Training	76%	■	▲	40%


Statistics of Quiz '1'



List of All Questions

CID	Reference	Topic	Type	Users Answers	Correct Answers	Level
<u>1</u>	2001-D31	CT	D	41	10	76 %
<u>2</u>	2001-D53	US	D	41	12	71 %
<u>3</u>	2004-D24	MM	D	41	12	71 %
<u>4</u>	2001-G31	PET	G	41	10	76 %
<u>5</u>	2004-D91	MR	D	41	6	85 %

Fig. 5.15: Lista de Questões de um Quiz. O id da questão encontra-se na coluna **CID**, aqui é representado pela letra 'c' de *caso_id*.

List of All Questions  [Add Questions](#)

CID	Reference	Topic	Type	Users Answers	Correct Answers	Level
<u>1</u>	2001-D31	CT	D	41	10	76 %
<u>2</u>	2001-D53	US	D	41	12	71 %
<u>3</u>	2004-D24	MM	D	41	12	71 %
<u>4</u>	2001-G31	PET	G	41	10	76 %
<u>5</u>	2004-D91	MR	D	41	6	85 %
<u>6</u>	2001-D54	US	D	41	13	68 %
<u>7</u>	2001-D32	CT	D	41	16	61 %
<u>8</u>	2001-D33	CT	D	41	18	56 %
<u>9</u>	2001-D34	CT	D	41	15	63 %
<u>10</u>	2001-D35	CT	G	41	27	34 %
<u>11</u>	2001-D36	CT	D	41	9	78 %
<u>12</u>	2001-D99	CT	D	41	18	56 %
<u>13</u>	2002-D14	CT	D	41	21	49 %
<u>14</u>	2001-D51	US	D	41	9	78 %
<u>15</u>	2001-D52	US	D	41	17	59 %
<u>16</u>	2001-D53	US	D	41	17	59 %
<u>17</u>	2001-D56	US	D	41	20	51 %
<u>18</u>	2001-D57	US	D	41	21	49 %
<u>19</u>	2003-G45	US	D	41	30	27 %
<u>20</u>	2003-G48	US	D	41	12	71 %




Fig. 5.16: Listagem de todas as questões presentes na base de dados.

Sessions List







SID	USER	Group	QUIZ	Level	SESSION Status	USER Progress	USER Perform	USER GRADE
5	<u>3</u>	.	1	.		.		100 %
6	<u>3</u>	.	2	.		.		87 %
108	<u>3</u>	.	4	.			.	.

Fig. 5.17: Sessões atribuídas para um determinado *user* onde, a partir do código de cores, se compreende o estado das sessões e as percentagens obtidas aquando do fecho das sessões.

Após aceder ao quiz, se não responder e retroceder, a sessão já terá sido dada como aberta e o ícone assumirá a cor **laranja**. Qualquer resposta já dada pelo *user* a alguma pergunta, fica automaticamente gravada na base de dados. A Fig. 5.18 mostra a página que permite ao *user* responder a um quiz.

Info

	Title	Time	Type	Level
2	Quiz 2	2012-09-25 19:35:05	Testing	57%

Q1

Approximately what fraction of an ultrasound beam is reflected from an interface between two media with Z values of 1.65 and 1.55?

- ☐ a) 1/2
- ☐ b) 1/10
- ☐ c) 1/100
- ☒ d) 1/1000

Q2

An advantage of multislice CT scanners over single slice units is:

- ☐ a) Shorter single slice scan times are possible.
- ☒ b) X-ray tube heat-load is reduced.
- ☐ c) Better spatial resolution for same slice thick

Fig. 5.18: Sessão aberta pelo *user* para realizar um determinado quiz.

Quando termina e pretende submeter o quiz, o *user* deve clicar no botão assinalado com a palavra **Submit**. Ao clicar, surge uma mensagem de aviso para

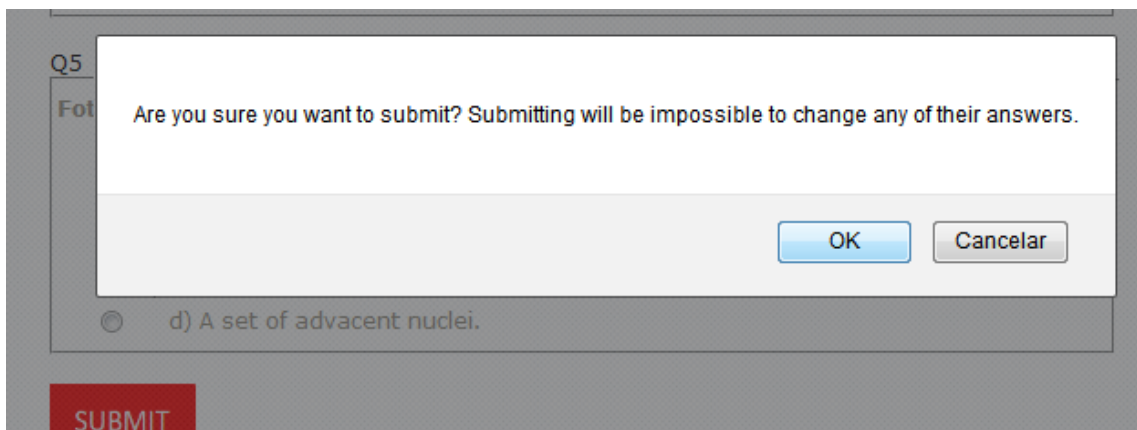


Fig. 5.19: Mensagem de confirmação para submissão de quiz por parte do *user*. Aqui o *user* confirma que quer terminar e submeter o quiz definitivamente.

verificar que é realmente a vontade do *user* submeter uma vez que não voltará a ter oportunidade de alterar alguma resposta (Fig. 5.19).

Terminadas as sessões, os ícones aparecem a vermelho e surge uma nova coluna preenchida (**USER GRADE**) que mostra a percentagem obtida pelo *user* em cada quiz já submetido (Fig. 5.17).

Resultados e Discussão

O PHYSQuiz foi testado com utilizadores reais para que fosse possível gerar resultados e tirar conclusões. Os resultados retirados do PHYSQuiz facilitam a função da avaliação de conceitos teóricos de Física Radiológica com base nas questões de RAPHEX®. Uma vez que os resultados dos quizzes surgem automaticamente, cabe apenas ao *administrador* gerir o conteúdo da informação obtida com esses mesmos resultados e tirar conclusões tais como a questão com maior índice de sucesso e a matéria que os alunos obtiveram melhores classificações.

6.1 Selecção de Casos

6.1.1 Questões RAPHEX®

As questões inseridas na base de dados foram seleccionadas com base na autorização dada pelos responsáveis pelos direitos de autor do RAPHEX®. Desta forma, foram avaliadas uma série de questões pertencentes a todos os exames realizados até 2004 e seleccionadas as questões que melhor se adaptavam aos conhecimentos abordados pelos utilizadores que seriam convocados a participar na avaliação do PHYSQuiz. Assim, as questões do RAPHEX®, como descrito na Secção [3.2.2](#), estão divididas em três categorias diferentes:

- Geral
- Diagnóstico
- Terapêutica

As questões foram agrupadas na base de dados com um G (Geral), um D (Diagnóstico) e um T (Terapêutica) conforme o tipo a que pertencessem dentro do RAPHEX® e ao ano a que pertencem. Assim, um exemplo da descrição de uma questão seria: 2001-D31. Para o PHYSQuiz foram consideradas apenas as questões dos tipos Geral e Diagnóstico uma vez que Terapêutica não seria uma matéria de conhecimento dos utilizadores.

6.1.2 Mamogramas

O PHYSQuiz permite a utilização de imagens ao invés de questões. No caso da mamografia, as séries de mamogramas são compostas por quatro imagens com duas incidências de cada lado (Fig. 2.4). Na Fig. 6.1 visualiza-se o esquema da série de imagens que provem de um estudo mamográfico. No entanto, poderão ser anexadas outras imagens de ultrassom mamário por exemplo. Nesta situação, ao invés da resposta correcta como aconteceria na inserção de questões, é inserido o valor de BI-RADS® atribuído pelo *expert*. Este valor servirá de comparação com as respostas dos utilizadores. Também neste caso, os utilizadores passam a ser estudantes de Radiologia ou radiologistas de uma instituição que se submetam aos testes. Para além do valor BI-RADS® o utilizador terá também de avaliar se é necessário repetir o exame e chamar novamente a paciente. Estas duas entradas tornam os resultados mais complexos uma vez que são duas variáveis a ser avaliadas.

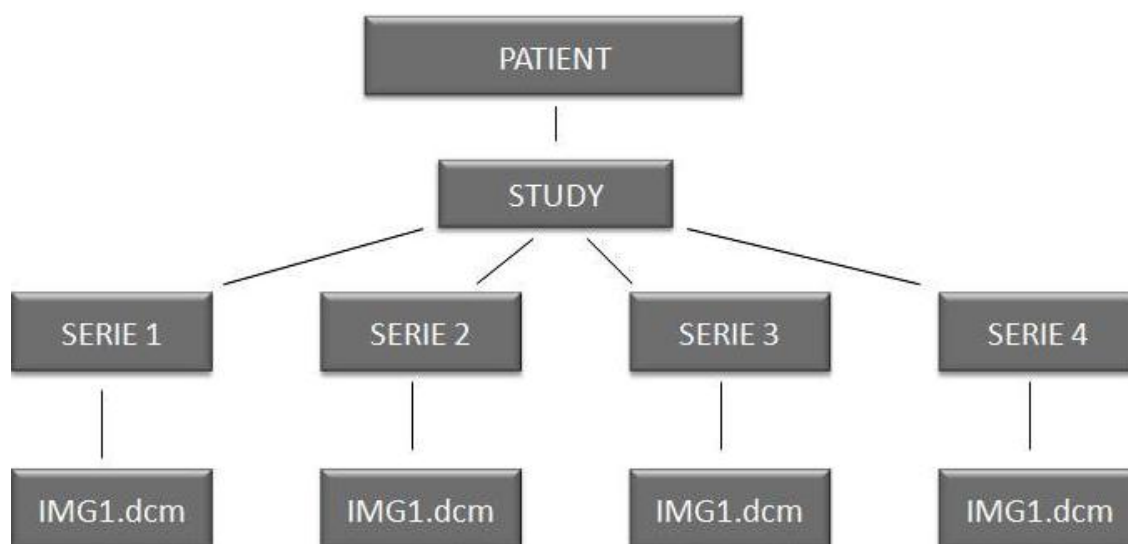


Fig. 6.1: Série de mamogramas de um estudo de mamografia para um paciente.



Fig. 6.2: Incidência lateral radiográfica para diagnóstico de Tuberculose.

6.1.3 Radiogramas

A inserção de radiogramas no PHYSQuiz segue a mesma lógica da inserção de mamogramas. No entanto, em vez de quatro imagens seriam apenas duas incidências: postero-anterior (Fig. 2.8) e lateral (Fig. 6.2). Neste caso, não existindo uma escala como a de BI-RADS®, seria apenas uma entrada na tabela de resultados em que o utilizador apenas confirmaria se existia alguma lesão ou suspeita de Tuberculose.

6.2 Selecção de Tópicos

De forma a especificar ainda mais o tipo de questão, foram também agrupadas por tópicos, ou seja, foram agrupadas pelo tipo de modalidade a que pertenciam sendo esses tópicos, como referido na Secção 4.2:

- Radiologia Computorizada (CR)
- Tomografia Computorizada (CT)
- Ressonância Magnética (MR)
- Ultrassonografia (US)
- Mamografia (MM)

- Tomografia por Emissão de Positrões (PET)

Neste caso, a mamografia foi separada da Radiologia computadorizada visto ser uma matéria abordada com ênfase dentro da Radiologia Computorizada.

6.3 Construção de Quizes

Foram criados 3 quizes diferentes. Dois deles foram criados para os utilizadores realizarem online, ou seja, o quiz 1 e 2 foram utilizados para testar as funcionalidades e obter feedback dos utilizadores. Com base nesse feedback, foram realizadas algumas alterações uma vez que com a utilização da aplicação obtiveram-se algumas sugestões de melhoria. Estes dois quizes foram disponibilizados para todos os utilizadores que se comprometeram e disponibilizaram a responder utilizando os conhecimentos adquiridos e não com base em respostas indiscriminadas sem fundamento. Por sua vez, o quiz 3 foi utilizado como prova de conceito servindo para testar o PHYSQuiz localmente já que foi replicado um teste já efectuado por alunos da disciplina de PIMED e inseridas as respostas dos utilizadores. Para confirmar a veracidade dos resultados obtidos no PHYSQuiz, foram comparados com os resultados que constavam na grelha de classificação do professor da disciplina. Uma vez comparados, constatou-se que os resultados correspondiam logo concluiu-se que o PHYSQuiz atesta realmente os resultados obtidos. Assim, os quizes são compostos da seguinte forma:

- Quiz 1 - este quiz possui 5 questões sendo uma de cada tópico. Este quiz é o mais generalista uma vez que as questões pertencem todas a categorias.
- Quiz 2 - este quiz possui questões de apenas dois tópicos sendo eles os mais estudados ao longo do curso completo (CT e US).
- Quiz 3 - este quiz utiliza 50 perguntas de raio-X e foi realizado por 21 utilizadores em papel e mais tarde anonimizados. Após a anonimização foram replicados para a aplicação.

6.4 Selecção de Utilizadores

Para os primeiros dois quizes, os utilizadores convocados a testar o PHYSQuiz são alunos da Licenciatura e Mestrado em Engenharia de Computação e Instrumentação

Médica (ECIM) dos diferentes anos. Ao longo da Licenciatura e Mestrados de ECIM, são leccionadas cadeiras que utilizam questões semelhantes ao RAPHEX®: PIMED - Processamento de Imagem Médica e IMAME - Imagem Médica; o que permitiu que os alunos se sentissem familiarizados com o esquema das questões onde a única novidade é estar online. Com isto foi possível contactar via email os utilizadores para compor diferentes grupos conforme fossem alunos de PIMED e IMAME, alunos de apenas uma das disciplinas e alunos que nunca tiveram nenhuma das disciplinas.

6.5 Teste *Online* do PHYSQuiz

Após a instalação do software foi criada uma conta num servidor web e associado o endereço do computador através da aplicação disponibilizada no site *No-IP*. No *router* foi criada uma regra para que todos os pedidos enviados para a porta 8080 fossem direccionados para o computador.

A partir do momento em que ficou disponibilizado, as sessões dos utilizadores ficaram todas a verde (sessões disponíveis) como na Fig. 6.3.

List of All Users

UID	User Name	Group	LIST QUIZES	SESSION Status
<u>45</u>	user 2	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>46</u>	user 3	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>47</u>	user 4	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>48</u>	user 5	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>49</u>	user 6	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>50</u>	user 7	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>51</u>	user 8	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>52</u>	user 9	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>53</u>	user 10	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>54</u>	user 11	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>55</u>	user 12	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -
<u>56</u>	user 13	Experience 1year	(2) ●	(2) ● - -

Fig. 6.3: Colocação da aplicação disponível numa plataforma online para os utilizadores.

Após dois dias já alguns utilizadores tinham terminado os seus quizzes e a curiosidade já tinha movido alguns a espreitar os quizzes. Na Fig. 6.4 visualiza-se o avanço relativamente à Fig. 6.3 onde se verificam já bastantes sessões a laranja e já algumas a vermelho (sessões fechadas).

List of All Users

UID	User Name	Group	LIST QUIZES	SESSION	Status
45	user 2	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	(1) ● -
46	user 3	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	- (1) ●
47	user 4	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
48	user 5	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
49	user 6	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	- (1) ●
50	user 7	Experience 1year	(2) ●	-	(1) ● (1) ●
51	user 8	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
52	user 9	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
53	user 10	Experience 1year	(2) ●	-	(2) ● -
54	user 11	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
55	user 12	Experience 1year	(2) ●	-	(2) ● -
56	user 13	Experience 1year	(2) ●	-	(2) ● -

Fig. 6.4: Dois dias após disponibilização da aplicação para os utilizadores.

Ao fim de quatro dias de ter a aplicação *online*, na Fig. 6.5, visualiza-se uma grande parte dos utilizadores já com as sessões fechadas.

List of All Users

UID	User Name	Group	LIST QUIZES	SESSION	Status
45	user 2	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	- (1) ●
46	user 3	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
47	user 4	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
48	user 5	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
49	user 6	Experience 1year	(2) ●	-	(1) ● (1) ●
50	user 7	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
51	user 8	Experience 1year	(2) ●	-	- (2) ●
52	user 9	Experience 1year	(2) ●	-	-
53	user 10	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	(1) ●
54	user 11	Experience 1year	(2) ●	-	(1) ● (1) ●
55	user 12	Experience 1year	(2) ●	-	(1) ● (1) ●
56	user 13	Experience 1year	(2) ●	(1) ●	(1) ● -
57	user 14	Experience 1year	(2) ●	(2) ●	- -

Fig. 6.5: Quatro dias após disponibilização da aplicação para os utilizadores.

Após uma semana de a aplicação estar *online*, foram submetidas e fechadas as poucas sessões que estavam ainda abertas ou disponíveis. Neste momento foi possível

tirar todas as conclusões relativas à funcionalidade da aplicação e à performance dos utilizadores e níveis de dificuldade de questões, casos e tópicos.

List of All Users

UID	User Name	Group	LIST QUIZES	SESSION Status		
<u>45</u>	user 2	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>46</u>	user 3	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>47</u>	user 4	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>48</u>	user 5	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>49</u>	user 6	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>50</u>	user 7	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>51</u>	user 8	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>52</u>	user 9	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>53</u>	user 10	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>54</u>	user 11	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>55</u>	user 12	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●
<u>56</u>	user 13	Experience 1year	(2) ●	-	-	(2) ●

Fig. 6.6: Uma semana após disponibilização da aplicação para os utilizadores.

6.6 Análise Estatística

6.6.1 Análise por Quiz

Um dos resultados possíveis de retirar do conjunto de dados inseridos na base de dados após a conclusão de cada quiz são as médias aritméticas. A Fig. 6.7 mostra a média aritmética de cada quiz.

Os quizzes 1 e 2 mostram uma melhoria nas respostas dos utilizadores. É possível concluir que os utilizadores obtiveram melhores resultados num quiz mais específico (quiz 2) do que num quiz mais abrangente com apenas uma questão de cada tópico (quiz 1). Embora pudessemos concluir que os utilizadores se sentem mais à vontade num quiz que tem como tópicos apenas CT e US (quiz 2) do que num quiz com uma questão de cada tópico, pode-se também colocar a hipótese que o facto de o quiz 2 ter mais questões do que o quiz 1, permite que a margem de erro dos utilizadores possa ser menor. Uma vez que as respostas erradas não são descontadas da cotação final, podem algumas respostas ter sido dadas por lógica e não por conhecimento.

O PHYSQuiz permite visualizar as médias dos quizzes diferenciadas por grupos de utilizadores mostrando a média de todos os utilizadores pertencentes àquele grupo.

Assim, na Fig. 6.8 verifica-se a média dos utilizadores que pertencem ao grupo dos que não tiveram experiência em PIMED ou IMAME. Neste gráfico, a diferença entre as duas médias, embora demonstre uma melhoria do quiz 1 para o 2, pode significar apenas que como o número de questões era superior, a probabilidade de tirar uma média superior era maior. Por outro lado, pode-se concluir que os temas apresentados no quiz 2 (CT e US) sejam mais fáceis para quem não tem conhecimentos.

À semelhança do grupo de utilizadores sem experiência, os utilizadores com um ano de experiência, ou seja já tiveram aulas de PIMED ou IMAME, comportaram-se da mesma forma nos quizzes embora com melhores médias totais. Verifica-se que a média do quiz 2 já se aproxima dos 50% embora ainda ligeiramente abaixo. Neste gráfico (Fig. 6.9) já se encontra a média para o quiz 3 uma vez que os utilizadores quando realizaram o exame estavam no 3º ano da licenciatura, ou seja, estava a ser leccionada a disciplina PIMED. Estes utilizadores estiveram com uma boa performance no que toca à categoria Geral o que significa que a matéria foi bem assimilada.

Os utilizadores com a experiência de dois anos ou mais inserem-se nas médias apresentadas na Fig. 6.10. Tal como seria previsto, este grupo de utilizadores apresenta a melhor média relativamente aos outros grupos. Uma vez que em ambas as disciplinas já foram lecionados os conteúdos presentes nas questões dos quizzes, estes utilizadores obtiveram as médias mais altas. No entanto, a média nas questões do quiz 1 onde as cinco questões pertencem a cada tópico, mantém-se negativa.

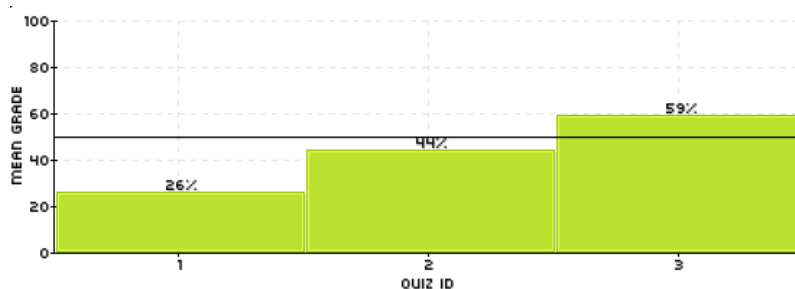


Fig. 6.7: Média aritmética dos quizzes presentes na base de dados.

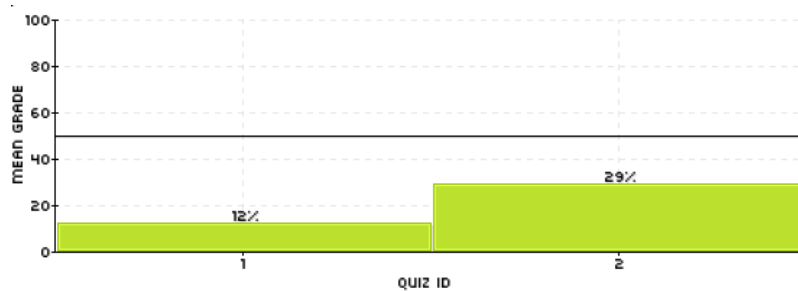


Fig. 6.8: Média aritmética dos quizzes presentes na base de dados para o Grupo de utilizadores sem experiência.

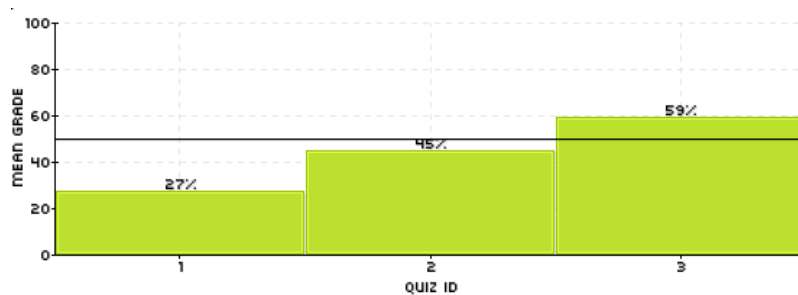


Fig. 6.9: Média aritmética dos quizzes presentes na base de dados para o Grupo de utilizadores com um ano de experiência.

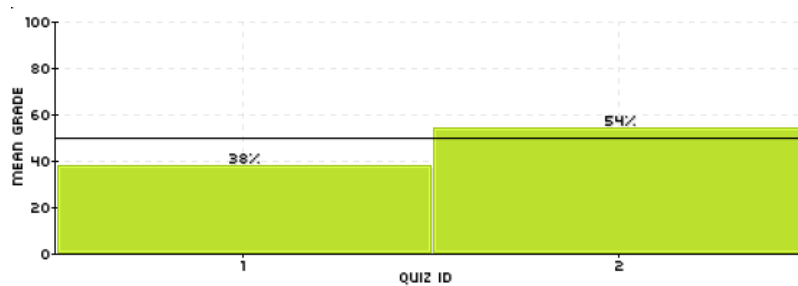


Fig. 6.10: Média aritmética dos quizzes presentes na base de dados para o Grupo de utilizadores com dois anos de experiência.

Da análise das médias totais e diferenciadas dos quizzes, conclui-se que efectivamente quantas mais questões tiver o quiz, maior será a possibilidade de obter melhores resultados. Assim quanto mais diferenciada for a matéria, mais baixa será a média.

6.6.2 Análise por Utilizadores

O PHYSQuiz permite quantificar e visualizar graficamente a distribuição dos utilizadores por médias. Assim visualiza-se como os utilizadores se comportam de

forma geral e quantos ficam acima de 50% e os que ficam abaixo tendo assim médias negativas.

A Fig. 6.11 permite ao administrador concluir que no total de utilizadores presentes na base de dados com os quizzes 1 e 2 submetidos, a média dos utilizadores localiza-se abaixo dos 50% e no total apenas 1 utilizador obteve 100%, 24 utilizadores obtiveram entre os 40% e os 60% e 1 utilizador obteve entre 0 e 10%.

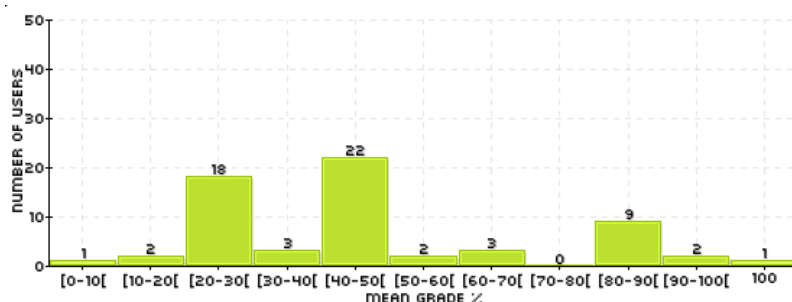


Fig. 6.11: Distribuição total de todos as médias dos utilizadores que realizaram os quizzes 1 e 2.

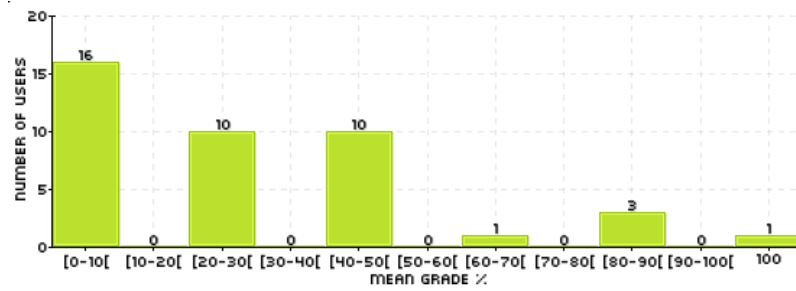
O gráfico da Fig. 6.11 é a soma dos valores presentes em todos os outros quizzes. Os gráficos presentes nas Fig. 6.12 são justamente referentes a cada um dos quizzes onde se verifica que:

- Quiz 1: apresenta a maior quantidade de utilizadores localizados entre os 40-50%, no entanto, é o quiz com o maior número de utilizadores com valores negativos o que no final se traduz globalmente numa média negativa.
- Quiz 2: apresenta a maior percentagem de utilizadores com valores compreendidos entre os 0-10%.
- Quiz 3: apresenta uma distribuição mais uniforme das médias dos utilizadores.

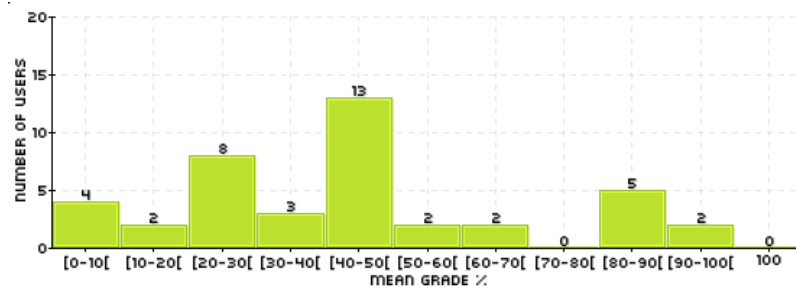
Uma vez que a distribuição é mais uniforme no quiz 3 conclui-se que os utilizadores são mais parecidos entre si o que mostra que fazem parte de uma turma mais coesa do que os utilizadores que foram utilizados para realizar os outros quizzes.

6.6.3 Comportamento Individual

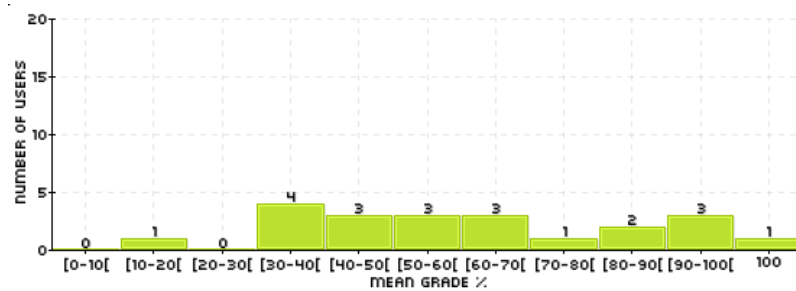
O PHYSQuiz permite ao administrador e ao próprio utilizador obter uma informação individual. Nas figuras seguintes, mostra-se o comportamento de 3 utilizadores distintos escolhidos ao acaso. Na Fig. 6.13 o utilizador obteve dois valores exactamente iguais nos dois quizzes que realizou.



(a) Quiz 1



(b) Quiz 2



(c) Quiz 3

Fig. 6.12: Distribuição total das médias dos utilizadores por cada quiz: a) quiz 1, b) quiz 2 e c) quiz 3.

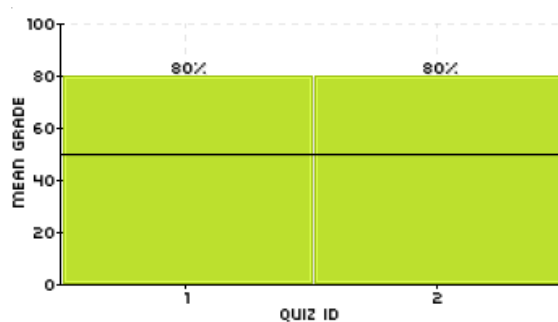


Fig. 6.13: Performance de um utilizador que revela uma avaliação constante.

Na Fig. 6.14 verifica-se que o utilizador estava mais à vontade na matéria abordada pelo quiz 2 (US e CT) embora tenha obtido um valor positivo no quiz 1.

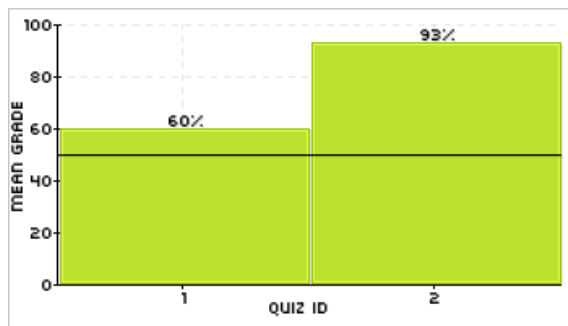


Fig. 6.14: Performance de um utilizador que revela uma melhoria na sua avaliação.

Na Fig. 6.15 o utilizador mostra estar perfeitamente à vontade com as questões de todos os grupos presentes nas questões do quiz 1, no entanto, a sua prestação reduziu no quiz 2 embora mantenha um nível positivo de conhecimentos.

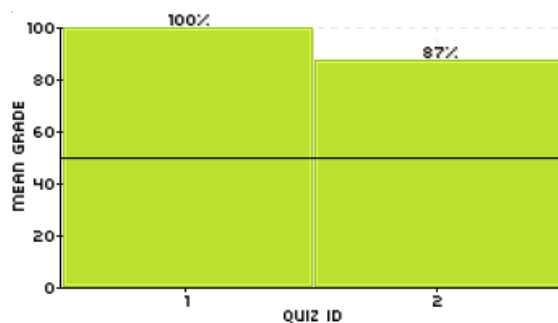


Fig. 6.15: Performance de um utilizador que revela uma avaliação que baixa no valor das suas médias.

6.6.4 Análise por Questões

A aplicação desenvolvida permite ao *administrador* visualizar graficamente como os utilizadores se comportaram nas perguntas, ou seja, perceber qual a questão mais respondida correctamente e qual a mais errada por parte dos utilizadores.

A Fig. 6.16 mostra os gráficos para o quiz 1 onde o *administrador* pode concluir que a questão 5 foi a que obteve pior cotação neste quiz. Nesse mesmo quiz, a média de respostas correctas por questão é estável uma vez que não se verifica uma grande alteração.

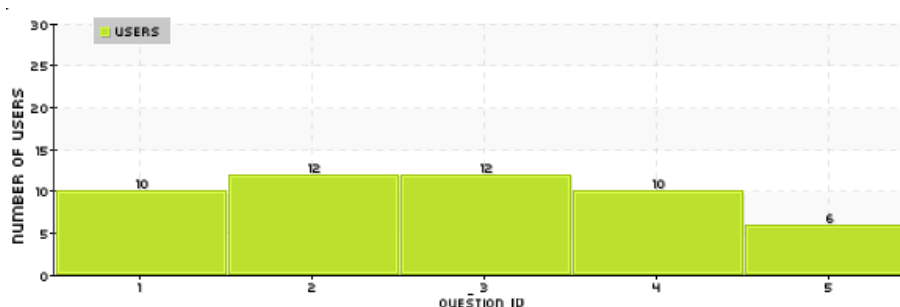


Fig. 6.16: Respostas correctas nas questões para o quiz 1.

No gráfico apresentado na Fig. 6.17, o *administrador* conclui facilmente que a questão mais fácil do quiz foi a número 19 uma vez que 30 utilizadores acertaram. O contrário se passa com as questões com os números 11 e 14 uma vez que apenas 9 utilizadores responderam acertadamente a estas questões.



Fig. 6.17: Respostas correctas nas questões para o quiz 2.

Na Fig. 6.18, o *administrador* compreende que o número de respostas correctas a cada questão é muito dispare comparando umas com as outras. Neste quiz, a questão com maior número de respostas correctas dadas é a questão 23 e a questão com menor número de respostas correctas é a 59.

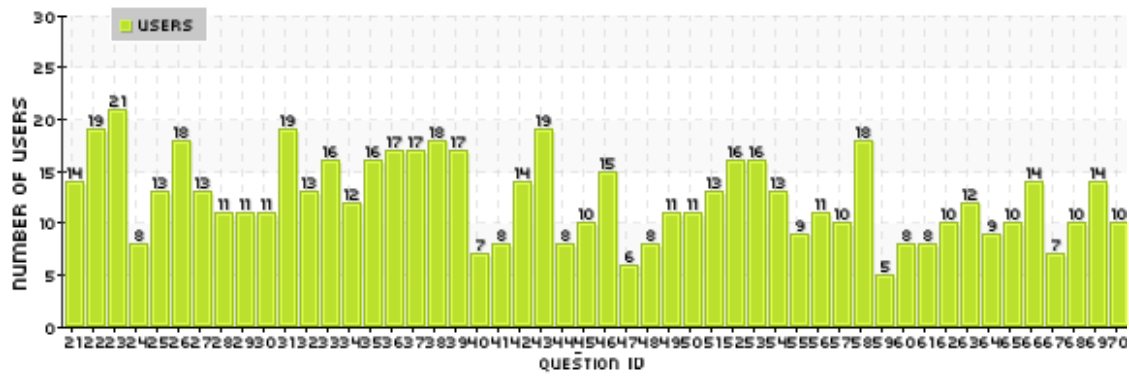


Fig. 6.18: Respostas correctas nas questões para o quiz 3.

Para um quiz com um número de questões elevado, o melhor será consultar a tabela das questões para o quiz (Fig. 5.15) onde a leitura das percentagens será mais limpa e fácil de avaliar.

6.6.5 Análise por Tópicos

Uma das características mais importantes da aplicação é a sua capacidade de atribuir níveis de dificuldade às questões, tópicos e quizzes. Assim, quanto mais respostas erradas forem dadas pelos utilizadores, mais elevado será o nível de dificuldade dos tópicos.

O cálculo da dificuldade dos tópicos é feito com base no número de questões correctas e com base no número de respostas à questão. A fórmula para calcular é:

$$DT = (1 - n/N) * 100 \quad (6.1)$$

Onde DT representa Dificuldade dos Tópicos, n é o número de respostas correctas e N o número total de respostas dadas.

Na Fig. 6.19 visualiza-se a tabela obtida na classificação por tópicos. Esta tabela mostra o número de vezes que o tópico aparece nos quizzes, o número de vezes que os utilizadores acertam na resposta e consequentemente a sua dificuldade. Aqui conclui-se que o tópico MR - Ressonância Magnética é o tópico com maior nível de dificuldade. Embora exista apenas uma questão na base de dados com este tópico, poucos foram os utilizadores que conseguiram responder correctamente à questão.

List of Topics

Topic	Questions	Users Answers	Correct Answers	Level
US	9	360	151	42%
CT	8	320	134	42%
MR	1	40	6	15%
PET	1	40	10	25%
MM	1	40	12	30%

Fig. 6.19: Diferenciação de questões por tópicos sendo possível verificar igualmente as suas estatísticas.

Na Fig. 6.20 visualiza-se a listagem de questões que existem na base de dados. Nesta tabela, à semelhança da tabela anterior, mostra-se o número de vezes que aparece a questão nos quizzes e o número de respostas correctas pelos utilizadores. Por esta tabela, o *administrador* compreende que mais utilizadores responderam correctamente à questão 19 o que lhe confere uma dificuldade menor em relação à questão 5 que apresenta uma dificuldade de 85% o que indica que os utilizadores erraram em maior quantidade.

List of All Questions

CID	Reference	Topic	Type	Users Answers	Correct Answers	Level
<u>5</u>	2004-D91	MR	D	40	6	85 %
<u>19</u>	2003-G45	US	D	40	30	25 %

Fig. 6.20: Listagem de questões na base de dados com as respectivas estatísticas.

Para o cálculo da dificuldade das questões é utilizada a fórmula:

$$DC = (1 - c/C) * 100 \quad (6.2)$$

Onde DC representa a Dificuldade das Questões, *c* é o número de respostas correctas a cada questão e *C* o número total de respostas a cada questão.

A Fig. 6.21 mostra a tabela que descreve os quizzes presentes na base de dados. Nesta tabela, é também possível visualizar o nível de dificuldade dos quizzes. Esta dificuldade é calculada com base na média da dificuldade das questões que lhe estão atribuídas:

$$DQ = avg(DC) \quad (6.3)$$

Onde DQ representa a Dificuldade do Quiz e avg o operador responsável pelo cálculo da média.

List of All Quizes

QID Title	Type	List Users	List Questions	Mean Grade	Difficulty
<u>1</u> Quiz 1	Training	■	▲	26%	60%
<u>2</u> Quiz 2	Testing	■	▲	44%	55%
<u>3</u> PIMED 2011 - Teste 1	Testing	■	▲	59%	41%

Fig. 6.21: Listagem de quizzes na base de dados com as respectivas estatísticas e nível de dificuldade.

6.7 Impressões de Relatórios

O PHYSQuiz permite a impressão de relatórios em formato .pdf relativos a:

- Informação sobre as estatísticas e listagens de utilizadores e questões de um quiz (Fig. 6.22 (a)).
- Lista de utilizadores relativos a um quiz juntamente com as estatísticas dos mesmos (Fig. 6.22 (b)).
- Lista de questões relativos a um quiz juntamente com as estatísticas das mesmas (Fig. 6.22 (c)).
- Informação de uma sessão relativa a um único utilizador com identificação do mesmo e as respostas às questões no quiz (Fig. 6.22 (d)).

6.8 Considerações Gerais

Para o desenvolvimento do PHYSQuiz foi realizada uma pesquisa bibliográfica que permitiu compreender o tipo de aplicações já existentes e quais as suas finalidades. O PHYSQuiz foi desenvolvido com especial atenção a duas das aplicações demonstradas na Secção 3.2: o RAPHEX® e o PERFORMS®. A mais-valia do

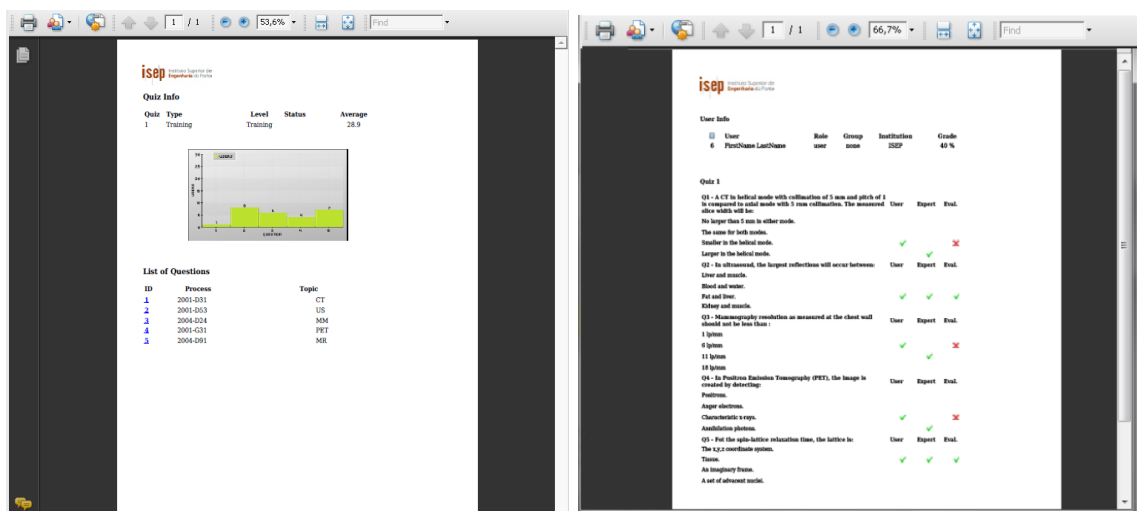
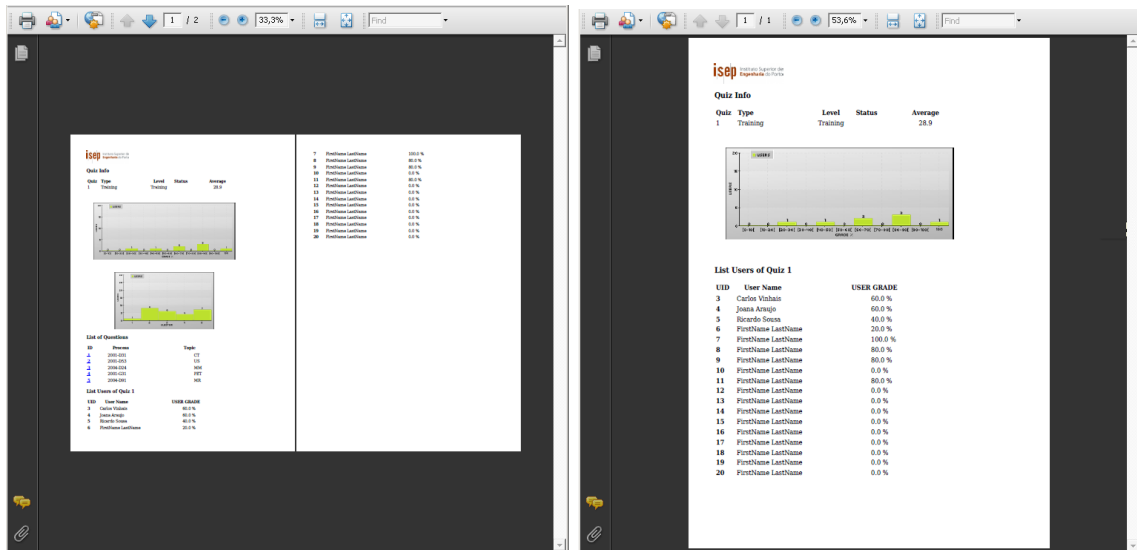


Fig. 6.22: Relatórios em formato pdf para o *administrador*.

PHYSQuiz é que consegue conciliar estas duas aplicações, ou seja, a base de dados consegue suportar tanto questões como imagens.

O acesso às imagens de Radiologia (mamogramas ou radiogramas) foi difícil bem como os equipamentos para uma boa visualização e avaliação e também a disponibilidade dos radiologistas para testar. Tendo isto, o PHYSQuiz foi testado apenas com questões retiradas do RAPHEX®. Esta alternativa tornou-se viável uma vez que até para a massa populacional que testou o PHYSQuiz, a familiaridade com as questões já existia o que permitiu um melhor feedback por parte dos participantes. Para o teste da aplicação online, foi apenas necessário utilizar um computador de secretária que pudesse estar constantemente ligado a funcionar como um servidor.

Os resultados obtidos a partir do PHYSQuiz permitem aos administradores ter uma percepção tanto do comportamento individual de cada utilizador como do comportamento geral do grupo. No entanto, a maior percepção e o grande objectivo do PHYSQuiz é a capacidade de atribuir níveis de dificuldade às questões, quizes e tópicos que permite que os administradores compreendam em que ponto as matérias não estão correctamente leccionadas e consolidadas.

Conclusão

A importância dos programas de rastreio com recurso à imagiologia deram mote para a criação de uma aplicação que permitisse avaliar a performance dos radiologistas na validação tanto dos mamogramas como dos radiogramas torácicos. Actualmente existem programas de avaliação de radiologistas na área da mamografia que pretendem preparar cada vez mais eficazmente os seus profissionais. Estes programas apenas permitem compreender se o desempenho dos radiologistas melhora no intervalo de tempo em que se sujeitam ao primeiro e ao segundo teste. Utilizando essa ideia, criou-se uma aplicação versátil a ponto de tanto permitir avaliar a performance de radiologistas na avaliação de qualquer tipo de imagem que seja usada como rastreio (mamogramas ou radiogramas torácicos), como permite também compreender qual o caso em que os radiologistas obtiveram melhores e piores resultados.

A avaliação precoce de uma patologia pode salvar vidas e actualmente permanece um grande paradigma uma vez que nem sempre é possível diagnosticar uma neoplasia por diversos factores como a limitação do reconhecimento dos níveis de cinzentos visíveis ou as distrações momentâneas provocadas pela rotina do trabalho. Podem também sofrer influências de factores externos tais como a resolução dos monitores, a boa adaptação da intensidade luminosa ou as condições físicas proporcionadas para a realização da avaliação. Para testar o PHYSQuiz com os mamogramas, seria necessário hardware especializado para o tipo de imagens uma vez que os requisitos para este tipo de material são exigentes. Os ecrãs de visualização de mamogramas necessitam de ter 5 MegaPixels de resolução e a aquisição deste material comporta custos elevados. Segundo pesquisa pelas empresas que vendem estes materiais os mo-

nitores mais indicados para visualização custariam aproximadamente os 10.000 euros ¹. Sem apoios ou patrocínios seria impossível adquirir dois monitores de mamografias para a correcta visualização dos mamogramas. Uma hipótese colocada seria instalar o PHYSQuiz directamente no departamento de Radiologia de um hospital, no entanto, seria necessário contar com a disponibilidade dos radiologistas para utilizar a aplicação.

Como alternativa a estas limitações e com base no RAPHEX®, o PHYSQuiz foi adaptado às questões de escolha múltipla para realizar a prova de conceito e testar com alunos da Licenciatura e Mestrado em Engenharia de Computação e Instrumentação Médica, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Foi utilizada a estrutura idealizada para armazenamento de casos de imagens para o armazenamento de questões de escolha múltipla. No caso de imagiologia teríamos um paciente associado a imagens médicas, no caso do PHYSQuiz temos um enunciado associado às respostas possíveis. No caso da imagiologia teria que haver um campo que indicaria qual a classificação do caso; no PHYSQuiz esse campo indica qual a resposta correcta. Embora desenhada para três tipos diferentes de utilizadores, pelo menos um deles, o *expert*, pode ser condensado nas funções do administrador uma vez que a sua principal função será criar, à semelhança das outras aplicações referidas em no Capítulo 3, um padrão de comparação para as respostas dos avaliados. Ou seja, no caso do PHYSQuiz se adaptar à imagiologia o *expert* seria o especialista que validaria os casos e só após essa validação seriam criados os quizzes e posteriormente realizada a avaliação por parte dos utilizadores.

Neste caso, com a mesma estrutura e com a mesma aplicação, foram introduzidas questões de Física Radiológica com a devida autorização da comissão organizadora dos exames do RAPHEX® e foram criados 3 quizzes diferentes. Os quizzes 1 e 2 foram criados e disponibilizados para utilizadores via web. Estes utilizadores foram convocados de forma a compor uma amostra significativa de estudantes e foram divididos nos grupos previstos de forma a obter resultados diferenciados (utilizadores sem experiência, com 1 ano de experiência e com 2 anos ou mais de experiência). Os diferentes grupos de utilizadores tiveram resultados absolutamente diferentes, no entanto, dentro das expectativas. Os alunos sem experiência nenhuma relativa às matérias de PIMED ou IMAME utilizadas nas questões para os exames, foram aqueles que obtiveram os piores resultados e os alunos que já tinham tido duas

¹ Média de valores cedidos por algumas marcas vendedoras de equipamento de mamografia. Os valores mais baixos rondam os 3.000 euros e os mais caros e com melhor qualidade rodam os 23.000 euros.

disciplinas com estas matérias, obtiveram os resultados mais altos.

Ao mesmo tempo que os utilizadores respondiam aos quizzes 1 e 2, o quiz 3 servia para testar a aplicação PHYSQuiz localmente recorrendo aos resultados de um exame já realizado por alunos de PIMED. O quiz 3 continha as mesmas questões do referido exame e após a criação de utilizadores anónimos afectos a este quiz foram inseridas as respostas devidamente. Os resultados do quiz 3 na aplicação foram os mesmos que os alunos obtiveram quando realizaram o exame em papel. Este teste local serviu para compreender que os cálculos estavam a ser correctamente efectuados e que a aplicação traduzia com veracidade os resultados dos alunos. Desta forma, foi possível analisar e discutir os resultados obtidos nos quizzes 1 e 2 sem qualquer dúvida de que seriam os resultados reais caso os alunos respondessem em papel e em caso de exame.

Comparativamente com as outras aplicações que permitem a avaliação dos utilizadores, o PHYSQuiz consegue, para além dessa avaliação meramente aritmética, calcular níveis de dificuldades tanto de questões, quizzes e tópicos. Esta valência é uma mais-valia já que com esta noção do nível de dificuldade, o administrador pode gerar quizzes mais fáceis ou mais difíceis conforme o grupo de utilizadores a quem se destina o quiz. Uma outra valência muito importante para o *administrador* é o nível de dificuldade nas questões, ou seja, o administrador consegue compreender qual a questão com maior número de respostas correctas e com maior número de respostas erradas por parte dos utilizadores. Estas valências combinadas permitem ao administrador criar quizzes com variados níveis de dificuldade e excluir ou incluir questões pelo nível de dificuldade. Como foi possível verificar na Secção 6.2, as questões são agrupadas por tópicos que neste caso são simplesmente as diferentes modalidades de imagem médica. O PHYSQuiz tem a capacidade de determinar qual o tópico com melhor e pior classificação e desta forma, qual o tópico que necessita de ser mais aprofundado em conhecimento.

Como trabalho futuro pretende-se que os utilizadores não consigam abrir sessões se ainda tiverem uma por terminar, ou seja, no caso de um quiz ainda não ter sido submetido, o utilizador não conseguirá passar ao quiz seguinte. Esta funcionalidade não foi implementada para que os utilizadores pudessem navegar pela aplicação à vontade. Também como trabalho futuro, pretende-se substituir as questões do PHYSQuiz, numa fase inicial, por radiogramas torácicos uma vez que a avaliação dos utilizadores é feita como no caso das questões. Ou seja, a resposta possível na avaliação dos radiogramas é só uma e a componente de hardware não obriga a custos tão elevados com ecrãs. No caso dos mamogramas, existem duas respostas: a clas-

sificação BI-RADS® e a chamada ou não do paciente para a repetição do exame. Neste caso, a avaliação dos resultados terá que ser alterada e aprimorada de forma a ficar o mais completo possível e conjugar as duas entradas. No caso de o PHYSQuiz ser aplicado à imagiologia, particularmente na avaliação de mamogramas, é possível ao *administrador* analisar quais os casos em que os utilizadores conseguiram melhores e piores resultados e em que classificação BI-RADS® é que os utilizadores apresentam piores resultados.

Em suma, a aplicação PHYSQuiz está preparada para ser implementada em qualquer instituição para avaliação dos seus profissionais. A polivalência do PHYSQuiz permite-lhe ser utilizada tanto em qualquer instituição de ensino (para qualquer disciplina) como em qualquer instituição de saúde (para qualquer especialidade). A possibilidade de ser o *administrador* a inserir os casos/questões, permite que seja utilizado qualquer tema com o objectivo de obter como resultados finais os níveis de dificuldade.

Bibliografia

- [1] H. Amols, “Saving RAPHEX and RAMPS- how to write good questions.” Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, September 2011.
- [2] L. Castro, “Rastreios do Cancro da Mama - ARS Norte.” <http://portal.arsnorte.min-saude.pt> Secção de Rastreios. Acedido: 12/02/2011.
- [3] A. Barros, *Diagnóstico e Tratamento do Câncer de Mama*. Sociedade Brasileira de Cancerologia, Agosto 2001.
- [4] “National cancer institute - what you need to know about breast cancer.” U.S. Department of Health and Human services, July 2009.
- [5] D. Sardari, “Physical modeling of cancer tumor growth: A preliminary review,” *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 4, no. 3, pp. 3531–3536, 2009.
- [6] L. Marques, “Cancro da mama - prevenção,” *Revista Portuguesa Clinica Geral*, no. 19, pp. 463–68, 2003.
- [7] J. G. Carvalho, “Liga Portuguesa Contra o Cancro.” <http://www.ligacontracancro.pt/>. Acedido: 12/02/2011.
- [8] “Ine - instituto nacional de estatística, ip.” <http://www.ine.pt>. Acedido: 12/02/2011.
- [9] G. Barnes, *Screen Film Mammography: Imaging Considerations and Medical Physics Responsibilities*. Medical Physics Publishing, 1991.
- [10] A. Berg, “Tailored supplemental screening for breast cancer: What now and what next?,” *American Journal Roentgenology*, vol. 192, pp. 390–399, 2009.
- [11] M. Eberl, “Bi-rads classification for management of abnormal mammograms,” *Journal of the American Board of Family Medicine*, vol. 19, pp. 161–4, 2006.
- [12] D. Kopans, *Breast Imaging*, pp. 14–6. Third Editor, 1 ed., 2006.

- [13] A. Freitas, “Mamografia digital: perspectiva atual e aplicações futuras,” *Radiol Bras*, vol. 34, no. 4, pp. 287–296, 2006.
- [14] M. Carrilho, “A Situação Demográfica Recente em Portugal,” tech. rep., Instituto Nacional de Estatística, 2010.
- [15] A. Carvalho, “Estatísticas no Feminino: Ser Mulher em Portugal, 2001-2011,” tech. rep., INE - Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2012.
- [16] “The european health report 2009,” tech. rep., World Health Organization, 2009.
- [17] “The european health report 2010,” tech. rep., World Health Organization, 2010.
- [18] W. R. 2009, *Global Tuberculosis Control 2009: Epidemiology, Strategy, Financing*. Geneva, Switzerland, 2009.
- [19] “Programa nacional de luta contra a tuberculose,” tech. rep., Direcção Geral da Saúde - Portugal, 2010.
- [20] “Ponto da Situação Epidemiológica e de Desempenho - Tuberculose,” tech. rep., Direcção Geral da Saúde - Portugal, Março 2011.
- [21] H. Pardini, “Tuberculose.” <http://www.hermespardini.com.br/Informa{ç}{~a}oobtidoInstitutoHermesPardini>, 2009. Acesso: 12/02/2011.
- [22] M. Martins, “Microscopia de fluorescência como procedimento para a realização do exame baciloscópico em hanseníase,” *Hansenologia Internacionalis*, vol. 16, pp. 29–34, 1991.
- [23] B. Niero and J. Bello, M. e Possas, “Estudo comparativo entre os métodos de coloração fluorescente e ziehl-neelsen em secreções pulmonares,” *Revista de Saúde Pública*, vol. 12, pp. 250–7, 1978.
- [24] C. Craig, “HowStuffWorks - Como funcionam os microscópios de luz,” Maio 2001.
- [25] A. Mineiro, “Tuberculose na infecção vih: o papel do laboratório,” *Aids Congress - 3º Congresso*, 2002.
- [26] V. Fonseca, “Micobactérias,” *Minas Faz Ciência*, Setembro 2008.
- [27] W. Tavares, “Antibióticos e Quimioterápicos para o Clínico,” *Editora Atheneu*, 2007.
- [28] B. G. Katzung, “Farmacologia: básica e clínica,” *Guanabara Koogan*, vol. 9, 2005.
- [29] S. Bombarda, “Imagem em tuberculose pulmonar,” *Jornal de Pneumologia*, vol. 27, no. 6, pp. 329–340, 2001.

- [30] “Medical Technology Management Institute .” <http://www.mtmi.net/courses/MM.php>. Acedido: 14/02/2012.
- [31] S. Pires, “Qualim®: software para treinamento na interpretação de imagens médicas digitais,” *Radiol Bras*, vol. 41, pp. 391–395, Nov/Dez; 2008.
- [32] R. Medeiros, “Digital Image Database for mammography interpretation training,” *Radiol Bras*, vol. 37, pp. 239–244, Nov/Dez 2004.
- [33] “PERFORMS®- PERsonal perFORMance in Mammographic Screening.” <https://performs.lboro.ac.uk/>. Acedido: 12/02/2011.
- [34] W. Herring, “Learning Radiology - Albert Einstein Medical Center na Pensilvânia.” <http://www.learningradiology.com>. Acedido: 14/02/2012.
- [35] C. Elliston, “Web-Based Educational Program for Diagnostic and Interventional Radiologists: Radiobiology, Radiation Protection, and Risks vs. Benefits.” <http://www.web-rad-train.org>. Acedido: 12/02/2011.
- [36] C. Neves, “Segurança Nuclear e Protecção do Meio Ambiente..” E-papers Serviços Editoriais - São Paulo, 2004.
- [37] C. Leite, “Física básica das radiografias convencionais.” Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
- [38] Y. Nouailhetas, “Radiações Ionizantes e a Vida, institution=Comissão Nacional de Energia Nuclear, year=2010, howpublished=<http://www.cnen.gov.br/>,” tech. rep.
- [39] S. Dore, “Radiação Ionizante - O que é?,” tech. rep., Curso de Física da Radiação I, Janeiro 2004.
- [40] “Segurança e trabalho online - radiações ionizantes: Aplicações e cuidados.” <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/rad-ioniz-cuidados.pdf>, 2009.
- [41] C. McCollough, “X-ray production,” *Radiographics*, vol. 17, pp. 967–984, 1997.
- [42] J. Boone, “An accurate method for computer-generating tungsten anode X-ray spectra from 30 to 140 keV,” *Medical Physics*, vol. 24, no. 11, pp. 1661–1670, 1997.
- [43] J. Busbberg, *X-ray Interactions*, vol. 18. The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents, 1998.
- [44] J. Lima, *Física dos Métodos de Imagem com Raio-X*, vol. 1. ASA, 972-41-1696-4 ed., 1995.
- [45] H. Busch, *Digital radiography: clinical experiences with digital image intensifier and storage phosphor radiography*. Blackwell Wissenschaft, 1992.

- [46] Y. Tateno, *Computed Radiography*. Springer-Verlag, 1987.
- [47] S. Bauad, “Mamografia digital: Um caminho sem volta,” *Editorial*, no. 38, 2005.
- [48] E. Paredes, *Atlas of mammography*. Doody’s all reviewed collection, Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- [49] F. Shtern, *Digital mammography and related technologies: a perspective from the National Cancer*, vol. 183, pp. 629–630. 1992.
- [50] W. Crisóstomo, “Mamografia,” tech. rep., Faculdade de Tecnologia Novo Rumo, 2010.
- [51] M. Borbolotto, “Critérios de qualidade em mamografia.” Consultores em Física e Radioproteção.
- [52] A. Assmus, “Early History of X-Rays.” Summer, 1995.
- [53] M. Nunes, “Avaliação e caracterização do espalhamento dos raios-x em tecidos e simuladores mamográficos usando simulação de monte carlo,” Master’s thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Abril 2005.
- [54] R. Bontrager, “Técnica Radiológica e Base Anatômica,” *Nova Guanabara*, pp. 577–579, 2003.
- [55] D. Garib, “Tomografia computadorizada de feixe cônico: entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia,” *Radiol Bras*, vol. 12, pp. 139–156, Mar/Abr 2007.
- [56] L. Shepp, *Maximum likelihood reconstruction for emission tomography*, vol. 1(2). IEEE Trans.Med.Imag., 1982.
- [57] J. Albuquerque, “Imagiologia Médica,” Master’s thesis, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Eletrica e de Computação, Junho 2001.
- [58] A. Nobrega, “Radiologia digital.” 2002.
- [59] J. Lima, “A Física da Imagem,” *Gazeta de Física*, vol. 30, pp. 30–41, 2007.
- [60] F. Alves, “Cem anos de Radiologia - Morfologia e Função,” *Gazeta de Física*, vol. 30, pp. 41–47, 2007.
- [61] P. Magalhães, *Atlas de Ressonância Magnética do Crânio*. São Paulo: EDUSP, 2007.
- [62] E. Paula Ricci Arantes, *Atlas de Ressonância Magnética do Crânio*. EDUSP.
- [63] “Informação radiológica ao público.” <http://www.huc.min-saude.pt/imagiologia/perguntas.htm#acc1>, 2011.

- [64] R. Oliveira, “Avaliação da qualidade de imagem em sistemas de radiografia computadorizada,” 2007.
- [65] J. Pisco, *Noções Fundamentais de Imagiologia*. Lisboa: Lidel, 1998.
- [66] S. Guariglia, “Breve história da ultra-sonografia,” *Breve de Saúde*, 2004.
- [67] R. Chiarantano, “Física da Ultra-Sonografia.” <http://www.hcnet.usp.br/inrad/departamento/graduacao/aula/apostilafisicausg.pdf>.
- [68] M. Filho, “Jornal brasileiro de pneumologia,” vol. 26, pp. 183–188, 2000.
- [69] F. Khan, *The Physics of Radiation Therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- [70] M. Haertel, “Estudo do protocolo de cálculos dosimétricos em braquiterapia com sementes implantáveis,” *Centro de Ciências Físicas e Matemáticas*, 2007.
- [71] L. Ullman, “PHP and MySQL for Dynamic Web Sites.” 2003.
- [72] J. Brookshear, *Ciência da Computação: Uma visão abrangente*. Bookman Companhia ED.

Apêndice **A**

Respostas às Questões do RAPHEX® colocadas na Secção [4.4](#)

Nesta Secção são colocadas as respostas às questões do RAPHEX® relativas aos temas abordados ao longo do Capítulo [4](#).

Q1	When an electron is removed from an atom, the atom is said to be:
a)	Radioactive
b)	Ionized
c)	Inert
d)	Excited
e)	Metastable

Q2	Which of the following statements about Compton interactions is true
a)	Compton electrons can be ejected in both the forward and backward direction
b)	Compton interactions have no effect on backscatter
c)	The most energetic Compton electrons are those ejected at angles close to 90 degrees of the photon's incidence angle
d)	A secondary photon scattered in the direction of the primary photon loses the most energy
e)	A secondary photon scattered at 180 degrees cannot have an energy greater than 256keV

Q3	Which of the following is not correct: the x-ray tube current is:
a)	used to heat the tube filament
b)	measured in milliamperes
c)	limited by the space charge effect
d)	defined as electrons moving from the filament to the anode
e)	caused by thermionic emission

Q4	In a diagnostic radiograph the process mostly responsible for a differential attenuation is:
a)	Coherent scatter
b)	Compton interaction
c)	Photoelectric interaction
d)	Pair production

Q5	In pair production, which of the following is true?
a)	The threshold energy for pair production is 0.51 MeV:
b)	An electron and a positron are produced.
c)	The total energy of the incident photon is divided between the kinetic energies of the pair of particles.
d)	Annihilation produces 1.02 MeV photons.
e)	The pair of particles is emitted in opposite directions.

Q6	A radiographic chest unit with a focused grid produces films with optical densities much lighter towards the edges. A possible cause is:
a)	Upside-down grid
b)	Lateral misalignment of the focal spot the grid center
c)	Poor film-screen contact
d)	Patient motion

Q7	In mammography, average glandular tissue dose depends on:
a)	Breast compression
b)	Breast thickness
c)	kVp
d)	mAs
e)	all of above

Q8	Calcifications are seen on mammograms primarily because of their:
a)	Atomic number
b)	Density
c)	Electrons/gram
d)	Size
e)	Location

Q9	CT or Hounsfield numbers are linearly related to:
a)	Mass density
b)	Electron density
c)	Linear attenuation coefficient
d)	Mass absorption coefficient
e)	Effective atomic number

Q10	In MR contrast is created by all of the following except:
a)	Differences in hydrogen content
b)	Differences in T1 time of tissues
c)	Differences in T2 time of tissues
d)	Administration of a contrast agent
e)	Differences in atomic number

Q11	The ultrasound propagation velocity through is at least twice the velocity of propagation through the other human tissues listed.
a)	Brain
b)	Fat
c)	Muscle
d)	Soft tissue
e)	Skull (bone)

Q12	All of the following are true statements about PET scanning, except:
a)	Radioisotopes are cyclotron produced
b)	Positrons are not detected directly
c)	Coincident detection at 180° is required
d)	Images are generally axial tomograms
e)	The detector photopeak is centered at 1.02 MeV